# CURIOSITY À LA CONQUÊTE DE LA PLANÈTE MARS p.16

SCIENCES ET AVENIR

SCIENCESETAVENIR.FR

© D.PASQUET - ED ALCOCK/ NYOP DIFFUSION

## CÉDRIC VILLANI
## LA MATHÉMATIQUE DÉCHAÎNE LES PASSIONS
p.40

# COMPLÉMENTS ALIMENTAIRES
# DANGER
p.46

SEPTEMBRE 2012 - N°787 - 4 €

# MÉGANE SÉRIE LIMITÉE ENERGY,
## NOUVEAU MOTEUR ENERGY dCi 110

Seulement 3,5 l/100 km
90 g/km $CO_2$

**5 150 €**
**D'AVANTAGE CLIENT**(1)
NOUVEAU BONUS ÉCOLOGIQUE DE 550 € INCLUS

RENAULT QUALITY MADE

www.renault.fr

L'essence est devenue trop chère, c'est pourquoi Renault a développé les nouveaux moteurs ENERGY dCi 110 et 130 plus économes. Et grâce à ses nombreux équipements comme le GPS TomTom® Live, l'aide au parking arrière, les jantes alliage 16'' et les feux de jour à LEDs, la série limitée Mégane ENERGY offre un plaisir de conduite plus responsable et toujours intact.

**CHANGEONS DE VIE**
**CHANGEONS L'AUTOMOBILE**

RENAULT

Renault préconise elf

(1) Offre valable pour l'achat d'une Mégane Berline ou Estate Séries Limitées Energy dCi 110 eco², incluant 550 € de bonus écologique, une remise de 3 250 € et un avantage équipements de 1 350 €, par rapport à Mégane Berline et Estate Expression Energy dCi 110 eco² avec Carminat TomTom® Live (490 €), Pack Look (500 €) et aide au parking arrière (360 €) aux prix conseillés de 26 000 € et 26 800 € (selon tarif n° 2190 au 04/09/12). Offres non cumulables réservées aux particuliers dans le réseau Renault participant jusqu'au 30/09/2012. Consommations mixtes min/max (l/100 km) : 3,5/4,0. Émissions $CO_2$ min/max (g/km) : 90/104. Consommations et émissions homologuées. RENAULT QUALITY MADE : la qualité par Renault.

## Sciences et Avenir

33, rue Vivienne 75083 Paris Cedex 02
Tél. : 01.55.35.56.00. Fax : 01.55.35.56.04
e-mail :redaction@sciencesetavenir.fr
Site Internet : sciencesetavenir.fr

**Directrice de la rédaction**
Dominique LEGLU 56.02
**Rédacteurs en chef**
Carole CHATELAIN (mensuel) 56.57
Aline KINER (hors-série) 56.42
Olivier LASCAR (pôle digital) 56.15
**Rédactrices en chef adjointes**
Andreina DE BEI (photo-iconographie) 56.31
Pascale PAOLINI (édition) 56.10
**Secrétaire générale de la rédaction**
Véronique MESSAGER 56.18
**Chefs de service**
Rachel MULOT (enquêtes) 56.07
Mathieu NOWAK (actualités, rendez-vous) 56.38
**Adjoint au chef de service**
Hervé RATEL (actualités) 56.45
**Chefs de rubrique**
Azar KHALATBARI (fondamental, sciences de la Terre) 56.46
Sylvie RIOU-MILLIOT (médecine, santé) 56.54
**Rédaction**
Bernadette ARNAUD grand reporter (archéologie, histoire) 56.44
Olivier HERTEL (technologies, futur, décryptage) 56.03
Cécile MICHAUT (chimie, nouveaux matériaux) 56.27
Sylvie ROUAT (espace, astronomie) 56.40
Elena SENDER grand reporter (biologie, neurosciences) 56.43
**Collaborateurs :** Yves BLANC, Guillaume CANNAT, Loïc CHAUVEAU, Marie-Noëlle DELABY, Florence LEROY, Pierre MIQUEL, Henri-Pierre PENEL
**Ont collaboré à ce numéro :** Rémi CANALI, Arnaud DEVILLARD, Pierre KALDY, Elisabeth LESIAK, Marie LINTON
**Secrétariat de rédaction**
Frank MIETTON 56.17 (1re secrétaire)
**Maquette**
Dominique PASQUET (direction artistique, conception) 01.44.88.35.51
Yves CLAVEL (directeur artistique) 56.22
Thalia STANLEY (directrice artistique adjointe) 56.21
Horia BAHRI 56.19, Jean-Louis GILABERT 56.28
**Photo-iconographie**
Isabelle TIRANT 56.32 avec Stéphane DAMANT et Laëtitia GUILLEMARD
**Illustration**
Sylvie DAOUDAL 56.20, Betty LAFON 56.37
**Photogravure**
Karine HUET 56.25 avec Yaniv BENAIM
**Pôle digital**
Cécile DUMAS (chef de rubrique) 56.56
Damien HYPOLITE (chef de projet infographie) 56.23
Joël IGNASSE (rédacteur spécialisé) 56.56
**Documentation**
Isabelle DO O'GOMES (chef de service) 56.49,
Astrid SAINT AUGUSTE 56.48
**Renseignements aux lecteurs, vente au numéro**
**Isabelle RUDI-HOUET 01.55.35.56.50/56.30**
**courrier-lecteurs@sciencesetavenir.fr**
**Informatique :** Daniel DE LA REBERDIERE 56.06
**Gestion :** Agnès LE BOUCHER 56.16
**Comptabilité :** Tania MINISTRO 56.14, Nathalie TRÉHIN 56.13
**Assistante de direction**
Valérie PELLETIER 56.01

**Abonnements : 01.40.26.86.11**
**142, rue Montmartre, 75103 Paris Cedex 02**
**abonnements@sciencesetavenir.fr**

**Publicité**
MediaObs. 44, rue Notre-Dame-des-Victoires 75002 Paris
Tél. : 01.44.88.97.70. Fax : 01.44.88.97.79.
Tél. : composer le 01.44.88 suivi des 4 chiffres entre parenthèses.
Courriel : l'initiale du prénom puis nom suivi de @mediaobs.com
**Directrice générale**
Corinne ROUGÉ (93.70) assistée de Marie-Noëlle MAGGIE (93.70)
**Directeur de publicité adjoint :** Sylvain MORTREUIL (97.75)
**Responsable Web :** Romain COUPRIE (89.25)
**Assistante commerciale :** Séverine LECLERC (97.57)
**Exécution :** Nicolas NIRO (89.26)
**Administration des ventes :** Caroline HAHN (97.58)

**Ventes**
**Directeur commercial**
Jean-Claude ROSSIGNOL 01.44.88.35.40
**Directrice commerciale adjointe**
Paule COUDERAT 01.44.88.34.55
**Directeur des ventes**
Valéry SOURIEAU
**Directeur des abonnements**
Philippe MENAT 01.44.88.35.02 assisté de Lina QUACH 34.54
**Relations extérieures**
France ROQUE 01.44.88.35.79
**Sciences et Avenir SAS**
**Président :** Claude PERDRIEL
**Directeur de la publication :** Claude PERDRIEL

Vente au numéro, 33, rue Vivienne, 75002 Paris. Tél. : 01.55.35.56.00. Fax 01.55.35.56.04. Les abonnements et réabonnements doivent être adressés à Sciences et Avenir, Service abonnements, 142, rue Montmartre, 75002 Paris. Tél. : 01.40.26.86.11. Tarif des abonnements : France, 1 an simple (12 numéros) : 35 €. 1 an complet (12 numéros + 4 hors-séries) : 48 €. Tarifs pour les pays étrangers sur demande.
**Multimédia :** ID OBS, 10-12, place de la Bourse, 75002 Paris. Tél : 01.44.88.34.34.
Imprimerie SEGO-Taverny. Distribution Presstalis.

Les noms et adresses de nos abonnés seront communiqués aux organismes liés contractuellement avec Sciences et Avenir, sauf opposition. Dans ce cas, la communication sera limitée au service de l'abonnement. Ce numéro comprend, joints sur couverture, un encart Falon sur la totalité des abonnés, et, en diffusion partielle des abonnés, un encart Historia, un message Nouvel Observateur et un catalogue Objet du mois. Commission paritaire n° 0615 K 79712. ISSN 0036-8636. Distribué par NMPP. Photogravure : PCH, 10-12, place de la Bourse 75002.

OJD PRESSE PAYANTE

B. MARTINEZ


# DOMINIQUE LEGLU
Directrice de la rédaction


# “Illicite”

**C'est un marché substantiel,** 1,1 milliard d'euros en France. Mais ce sont les fraudes dangereuses pour la santé, lors d'achats en plein boom sur Internet, que *Sciences et Avenir* a voulu dénoncer avec force ce mois-ci, en couverture du magazine. Comme nous le rappelons, nombreux sont les consommateurs courant après un certain « mieux-être » qui pensent le trouver dans des substances *ad hoc* absentes de leur alimentation ordinaire. Et de se rabattre sur les fameux « compléments alimentaires », régis par une très officielle directive européenne de 2002 (amendée en 2006, 2009, 2011). Quand les uns (souvent les « unes ») s'efforcent grâce à eux de perdre du poids, les autres veulent ne pas (plus) connaître de « dysfonctionnement érectile » – comme il est de coutume de le dire avec tact. Des troisièmes se soucient d'arborer des cheveux de rêve quand d'autres encore pensent à se défaire de leurs problèmes articulaires, voire à supprimer des bouffées de chaleur intempestives. Bref, toutes et tous aspirent à absorber les vitamines, oligoéléments et autres molécules qui leur feraient du bien. Beau souci ! Aspiration compréhensible.

Seulement voilà, devant la demande effrénée d'une consommation orientée beauté, plaisir, performance, moindre douleur… nombre de margoulins ont reniflé l'aubaine. Et eux n'ont aucun tact ! Leur seul but : profiter de l'explosion de tout type de marché sur Internet, qui permet à l'acheteur, seul devant son écran puis sa boîte aux lettres, d'éviter la case « pharmacie » ou « parapharmacie ». Résultat : ce qui aurait pu ne devenir qu'un marché parallèle juteux se mue en vrai danger. Car il y a – et c'est de cela que nous voulons faire prendre conscience – grave tromperie sur la marchandise. Pour duper le client potentiel, s'étalent des offres rebaptisées « 100 % naturel ». Une promesse de produit efficace et bénin, d'une réelle innocuité, pour tout dire fort rassurant… Or, que révèle notre enquête ? Sous l'appellation bonasse de « naturelles » se dissimulent des molécules de synthèse parfois interdites, des substances chimiques trop fortement dosées en comparaison de ce qui est recommandé pour de vrais médicaments. En bref, des médicaments illicites faisant courir un risque inadmissible au consommateur trop confiant.

C'est un *« réel problème de santé publique »*, n'hésite pas à déclarer dans nos colonnes la chimiste et pharmacienne Myriam Malet-Martino *(p. 49)*. Une chercheuse courageuse que nous tenons ici à remercier pour l'aide qu'elle a apportée à notre enquêtrice Rachel Mulot, en réalisant notamment des analyses de laboratoire supplémentaires, permettant ainsi à *Sciences et Avenir* d'avérer son titre volontairement alarmiste « Compléments alimentaires dangereux ». Force est de constater que le Dr Malet-Martino ne cesse d'alerter les autorités depuis au moins cinq ans. Mais lesdites autorités – françaises et européennes – semblent au mieux dépassées par la multiplication des produits frauduleux, au pire sans stratégie claire pour contrer l'offensive. Car offensive il y a, avec usines et filières. La production et la vente de ces faux compléments alimentaires sont manifestement soutenues par le crime organisé, rappelle ainsi le médecin Stéphane Droupy *(p. 56)*. A la découverte d'une telle fraude, *Sciences et Avenir* ne pouvait que lancer l'alerte. Et inciter ses lecteurs et lectrices à la plus grande prudence.

www.citroencarstore.fr

# CITROËN C4

CLIMATISATION
SYSTÈME AUDIO CD MP3
ESP
6 AIRBAGS
RÉGULATEUR-LIMITEUR DE VITESSE
AIDE AU FREINAGE D'URGENCE

à partir de

12 990 € (1)

sous condition de reprise

CITROËN préfère TOTAL

Modèle présenté : Citroën C4 VTi 120 Exclusive avec options jantes alliage 17'', peinture Rouge Babylone et projecteurs directionnels Xénon bi-fonction (25 550 €)
(1) Somme restant à payer pour l'achat d'une Citroën C4 VTi 95 Attraction neuve avec option système audio CD RDS MP3, déduction faite de 5 240 € de Prime Verte Citroën pour la reprise d'un véhicule de 8 à 10 ans.

CONSOMMATIONS MIXTES ET ÉMISSIONS DE $CO_2$ DE CITROËN C4 : DE 3,8 À 7,0 L/100 KM ET DE 98 À 162 G/KM.

TECHNODAYS CITROËN
LA TECHNOLOGIE PLUS ACCESSIBLE QUE JAMAIS

CRÉATIVE TECHNOLOGIE

CITROËN

# Compléments alimentaires p. 46

## Danger

DOMINIQUE PASQUET


3 **EDITO** « Illicite »

7 **COURRIER**

## L'ÉVÉNEMENT

8 Tombouctou, mythique et martyre

## ACTUALITÉS

### L'INFOGRAPHIE DU MOIS

14 Comment payer avec un smartphone ?

### TERRE ET COSMOS

16 Curiosity : chroniques martiennes, épisode 1

### FONDAMENTAL

20 Le noyau atomique est à la fois liquide et solide

### PASSÉ

22 Des barrages menacent le patrimoine soudanais

### FUTUR

24 La moto qui se relève toute seule

### NATURE

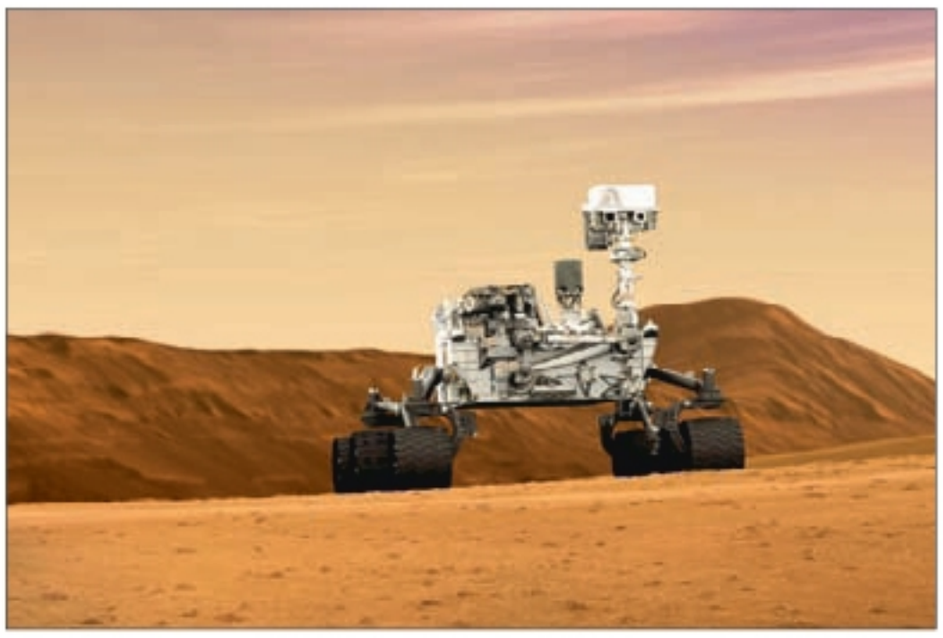
26 Du fer contre l'effet de serre ?

### SANTÉ ET BIOLOGIE

32 Une bactérie est née dans un ordinateur

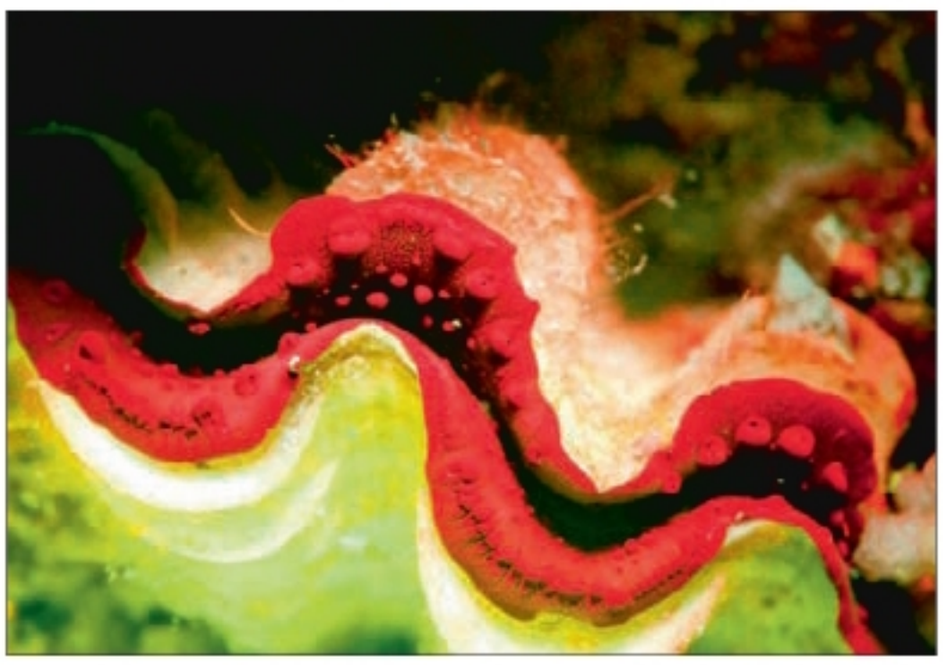
### NUTRITION

38 Le grignotage est-il vraiment mauvais pour la santé ?

NASA/JPL-CALTECH

**Curiosity, chroniques martiennes** p. 16



LOUISE MURRAY/SPL/COSMOS

**Le monde secret des animaux fluo** p. 60

EDALCOCK/MYCOPDIFFUSION

**Cédric Villani** p. 40

**Les vidéoprojecteurs** p. 86

DR


## RENCONTRE

40 **Cédric Villani**
« La mathématique peut déchaîner les passions »

## DOSSIER

46 **Alerte : compléments alimentaires dangereux**

48 Un trafic juteux de produits dangereux

50 Amaigrissants : des médicaments interdits

53 Stimulation de l'érection : des gélules à haut risque

57 Lutte contre la fraude : la France à la traîne

## DÉCOUVERTES

60 **PORTFOLIO** Le monde secret des animaux fluo

64 **PSYCHOLOGIE** Quand les pilotes restent sourds au danger

68 **COMMUNICATION** Souriez, vous êtes tweetés !

72 **BOTANIQUE** Péril sur le bleu lavande

76 **JAPON UN AN APRÈS** Les robots marquent le pas à Fukushima

## DÉCRYPTAGE

82 Pourquoi Facebook a-t-il raté son introduction en Bourse ?

84 Le bracelet en cuivre à l'épreuve des faits

## S'ÉVADER

86 **TEST HIGH-TECH** Les vidéoprojecteurs

90 **LE CIEL** de septembre

92 **RENDEZ-VOUS**

94 **LIVRES** Drones : un siècle de guerres

98 **AUTOUR D'UN LIVRE** Stella Baruk : « Pour comprendre les maths, il faut leur donner du sens »

"IMAGINEZ LE FUTUR !"

# LA NUIT DES CHERCHEURS

## 28 SEPTEMBRE 2012

*Entrée libre*

Partez à la rencontre
des chercheurs en famille ou entre amis !

Nuit des chercheurs France 2012

@NuitChercheurs
#ndc2012

www.nuitdeschercheurs-france.eu

Création : Comme Un Soleil

# Biontologie. M. Henri Chenot nous écrit

**Suite à la parution** dans notre numéro de mai 2012 de l'article « La biontologie à l'épreuve des faits – Une pseudo-science au goût de luxe », *Sciences et Avenir* a reçu une lettre de M. Henri Chenot, qui dirige le Palace Merano, visé dans l'article, appelant à des « rectifications ». Précisions ci-dessous.

La biontologie à l'épreuve des faits
Une pseudo-science au goût de luxe
NON PROUVÉ SCIENTIFIQUEMENT

Notre article paru dans « Sciences et Avenir » numéro 783, p. 85.

**« *Henri Chenot* : [...] Je ne peux que m'inscrire en faux contre les assertions volontairement et inutilement dénigrantes (« pseudo-thérapeutique », etc.), remettant en cause la qualité des prestations et soins dispensés au sein du Palace Merano, présentés comme « dangereux » ou encore « inutiles ». D'abord, en l'état des informations inexactes qu'il recèle : au sein du Palace Merano, en effet, n'ont jamais été proposées les techniques de soins citées dans votre article (« biorevitalization », « vampire facelift »... ) ; une simple consultation de sa plaquette officielle, dans laquelle sont exhaustivement énumérés, et détaillés, les soins proposés aux clients, permet de s'en assurer.**

***Sciences et Avenir :*** Le soin en question est proposé sur le site Internet du Palace Merano, www.palace.it/fr/spa-henri-chenot/medicine-esthetique.htm, et une copie d'écran que nous avons effectuée en apporte la preuve. Le paragraphe intitulé « Biorevitalisation avec les plaquettes » précise que *« Le traitement comprend une analyse de sang avec centrifugation immédiate et réinjection du plasma. Il est utilisé pour reconstruire et rendre la peau plus ferme, plus élastique, plus lumineuse. Régénère et stimule la repousse des cheveux. Après quelques jours le résultat commence à être visible. »*

**« *Henri Chenot* : [...] pour procéder à toutes les affirmations erronées contenues dans cet article, son Auteur s'est contenté de recueillir l'avis d'un seul Sachant, dont il apparaît de plus qu'il ne fait que porter une appréciation générale sur des techniques litigieuses pour lesquelles il est interrogé dans l'absolu, sans rattachement évident au Palace Merano. [... ]**

***Sciences et Avenir :*** Contrairement à ce qu'écrit M. Henri Chenot, l'avis de madame Jandrot-Perrus exprimé dans l'article a été formulé en lien direct avec les soins proposés. A cette fin, il lui a été envoyé copie des allégations de « la biorevitalization avec des plaquettes » telle que présentées sur le site cité ci-dessus. Si *Sciences et Avenir* a sollicité Mme Martine Jandrot-Perrus, c'est bien parce que cette chercheuse de renommée internationale, directrice de recherches à l'Inserm, à la tête de l'équipe Mécanismes moléculaires et cellulaires de l'hémostasie dans l'unité mixte U698 de l'hôpital Bichat, à Paris, est une spécialiste des plaquettes sanguines.

**« *Henri Chenot* : [...] l'on ne saurait remettre en cause la qualité [...] des soins prodigués par une référence tout à fait déplacée à l'université de Kensington, dont je suis effectivement diplômé, à l'instar de certains des plus hauts fonctionnaires de l'Administration américaine, ce, en premier lieu, parce que mon doctorat a été obtenu en 1990, c'est-à-dire bien avant les pratiques contestables que vous décrivez [...]**

***Sciences et Avenir :*** En ce qui concerne ces diplômes de l'université de Kensington, ils ont été obtenus justement dans le cadre des pratiques contestables décrites dans l'article. Ces pratiques ont perduré de la création de cette entreprise en 1976 jusqu'à sa dissolution dans l'Etat de Californie puis celui de Hawaii en 2003. *S. et A.* dispose des documents officiels de la dissolution définitive par l'Etat de Hawaii en 2003, ainsi que de quelques éléments d'information sur les *diploma mills* (« moulins à diplômes) et plus particulièrement sur l'université de Kensington. Par ailleurs, le fait que des hauts fonctionnaires de l'Administration américaine soient aussi diplômés de l'université de Kensington ne cautionne pas, comme il est sous-entendu, les diplômes délivrés par cette université. Au contraire, comme l'a montré une enquête de CBS News, ces fonctionnaires ont profité de ce système frauduleux de délivrance de diplômes pour accéder à des emplois et des fonctions pour lesquels ils n'étaient pas qualifiés.

http://2doc.net/aoiv6

**« Enfin, M. Henri Chenot rappelle qu'il a écrit [...] « des dizaines d'ouvrages de référence, tous reconnus scientifiquement, constamment réédités et traduits dans de très nombreuses langues ».**

***Sciences et Avenir :*** Les livres évoqués par M. Chenot ne sont pas issus de travaux de recherche effectués au sein d'une université reconnue (ou autre institution scientifique) qui auraient fait l'objet de publications scientifiques dans des revues internationales à comité de lecture. Il est donc abusif d'affirmer qu'ils sont « tous reconnus scientifiquement ».

## Rectificatif

**De nombreux lecteurs** nous ont écrit pour nous faire remarquer l'erreur manifeste qui s'est glissée dans notre article du numéro d'août 2012, p. 47, où nous écrivons que *« le calendrier grégorien fait débuter l'an 1 de l'ère chrétienne à la mort de Jésus-Christ »*. C'était bien évidemment la « naissance » qu'il fallait lire !

COSTA/LEEMAGE

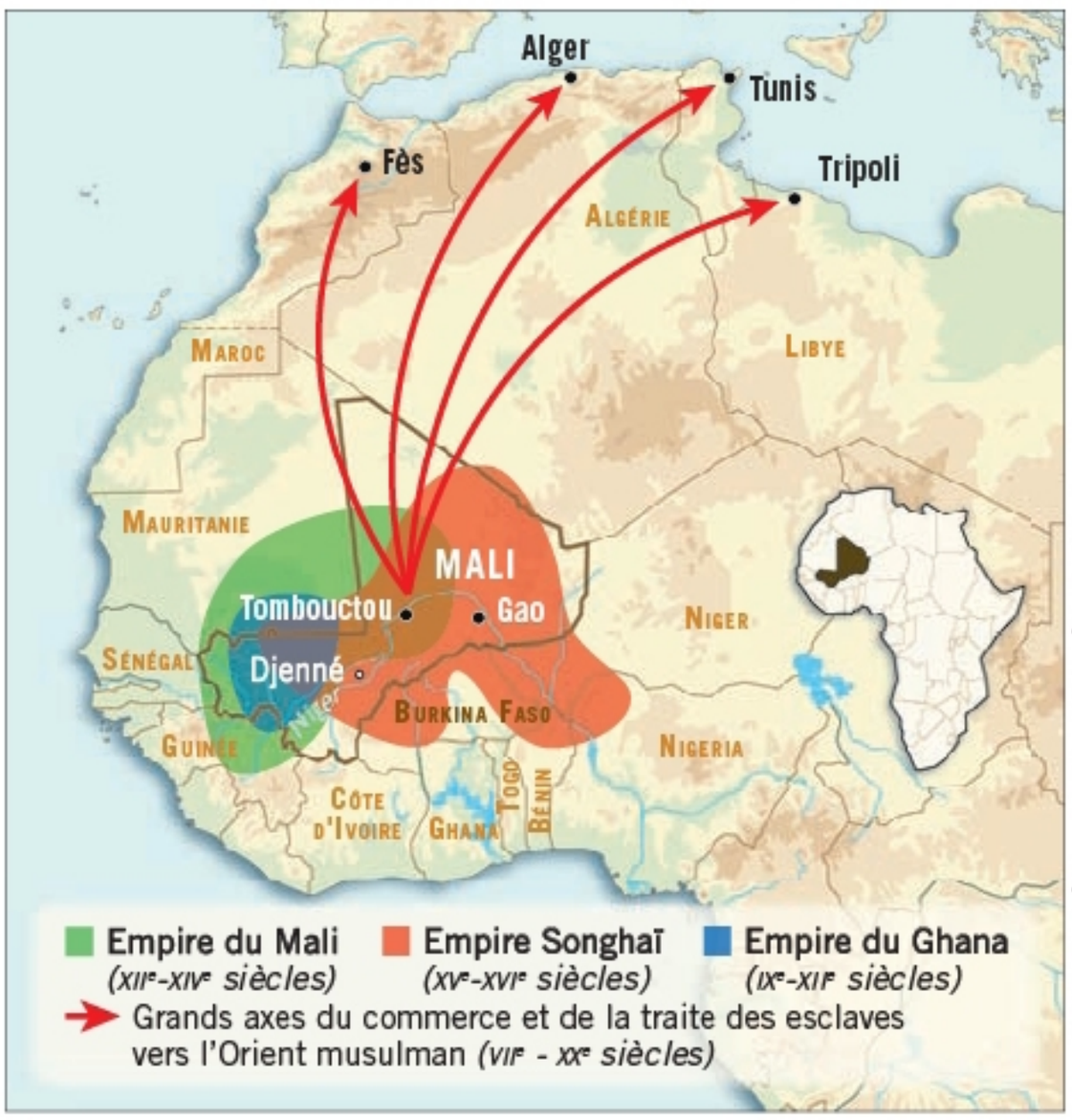
La Nativité. Manuscrit du xv[e] siècle.

La mosquée de Djinguereber, édifiée en 1325 par l'empereur Kankan Moussa. Les islamistes y ont détruit deux mausolées.

# Tombouctou, mythique et martyre

*Longtemps restée impénétrable aux Occidentaux, Tombouctou la mystérieuse et son inestimable patrimoine sont aujourd'hui vandalisés par les islamistes. Retour sur mille ans d'histoire de ce grand centre intellectuel de l'Islam.*

**Neuf mausolées** classés au Patrimoine mondial de l'Unesco abattus à coup de pioche, des monuments profanés par des groupes d'islamistes insurgés : depuis le 30 juin, les destructions dont a été l'objet la ville de Tombouctou, dans le nord du Mali, ont déclenché un mouvement d'indignation planétaire, à l'instar de ce qui s'était produit lors de la démolition des bouddhas de Bamiyan, en Afghanistan, en 2001. Pourquoi, au-delà de la légitime indignation, l'évocation du simple nom de cette petite ville sahélienne d'à peine 30 000 âmes a-t-elle résonné de façon aussi intense dans l'inconscient collectif ? « *C'est que Tombouctou a été pendant de longs siècles une ville légendaire, une destination inaccessible auréolée de mystère* », rappelle Timothy Insoll, de l'université de Manchester (Royaume-Uni), l'un des rares archéologues à y avoir travaillé. Comme nombre de scientifiques, le chercheur a abandonné tout espoir d'y retourner. « *Nous avons dû suspendre d'importants programmes de recherches internationaux* », confirme tristement Kléna Sanogo, le directeur de l'Institut des sciences humaines de Bamako, la capitale malienne (*lire l'interview p. 13*). Les fondamentalistes islamistes en rébellion contre le pouvoir central, issus d'un mouvement insurgé d'inspiration wahhabite – un courant politico-religieux venu d'Arabie –, auront-ils donc raison de la grandeur passée de Tombouctou ? En détruisant les symboles architecturaux, iconoclastes à leurs yeux, ils ont porté atteinte au patrimoine des habitants de cette cité qui a fasciné le monde pendant des siècles.



BETTY LAFON–SOURCE : GÉOPOLITIQUE DES EMPIRES DE GÉRARD CHALIAND ET JEAN-PIERRE AGEAU, ARTHAUD

**Après le déclin de l'empire du Ghana, Tombouctou, à la limite du Sahel et du Sahara, a été le centre des deux grands empires qui se sont succédé dans cette zone pendant plusieurs siècles.**

Ville située aux confins méridionaux du Sahara malien, Tombouctou a en effet connu entre le XIVe et le XVe siècle une importante période de rayonnement grâce au commerce transsaharien. Dès le Moyen Age, sa réputation franchit la mer Méditerranée. Même s'ils en ignorent la localisation, les rois de France connaissent l'existence de celle qu'on appelle alors Tenbuch et qu'aucun Occidental n'a encore atteinte. Un monde que Timothy Hinsoll a tenté de retrouver dans les plus anciens niveaux d'occupation « *pour chercher à distinguer le mythe de l'histoire* ». Car l'époque d'émergence de la cité reste peu claire. Un consensus s'accorde toutefois à en attribuer la fondation à un clan touareg aux alentours du XIe siècle (Ve siècle de l'Hégire). Selon la légende, le nom de Tin ou Tim Buktu, « la place de Buktu », serait lié à l'emplacement d'un puits où aurait vécu une esclave. « *Située entre les villes de Gao, au nord, et Djenné, au sud – toutes deux classées au Patrimoine mondial de l'humanité par l'Unesco –, Tombouctou était surtout un carrefour entre agriculteurs de la savane et nomades du Sahara* », expliquent Tor A. Benjamisen, anthropologue à l'Université norvégienne pour les sciences de la vie (UMB), et Gunnvor Berge, socio-anthropologue, dans un des rares ouvrages consacrés à la ville. Un carrefour qui deviendra très tôt un important lieu d'échange grâce au commerce de l'or *(voir Pour en savoir plus p.13)*. L'Afrique occidentale recélait en effet d'importants gisements aurifères. C'est encore le cas aujourd'hui puisque le Mali est le troisième exportateur du continent africain. « *C'est dans cette zone sahélienne* ●●●

DEUTSCHE PRESS AGENTUR/BAOA

●●● *que sont nés au Moyen Age les plus grands empires d'Afrique occidentale, ceux du Ghana, du Mali et du Songhaï* », explique François-Xavier Fauvelle, spécialiste de l'Afrique précoloniale à l'université Toulouse-II. Le plus ancien d'entre eux, l'empire du Ghana, s'étendait entre l'actuel Mali, le Sénégal et la Mauritanie. Il connut son apogée entre le IXe et le XIIe siècle, avant qu'une terrible sécheresse ne détourne peu à peu les routes caravanières vers l'est, du côté de la boucle du Niger. « *C'est de cette façon que l'empire du Mali va émerger* », poursuit l'historien. Comme le Ghana, celui-ci est composé d'une multitude de petits royaumes confédérés, mais il parvient à asseoir son hégémonie sur la région, en particulier grâce à un système d'échanges avec les marchands du Maroc et d'Egypte aux XIVe et XVe siècles. Il contrôle alors un immense territoire englobant les 4000 kilomètres de la boucle du Niger. Sa puissance provient bien sûr, en grande partie, du commerce de l'or, dont certaines mines de l'époque ont été récemment localisées au sud de la ville de Kayes, dans l'ouest du Mali, par l'archéologue Eric Huysecom, de l'université de Genève.

L'écho de cette richesse est immense. Et pour cause ! Il se raconte ainsi que les quantités d'or dépensées par le roi du Mali Kankan Moussa (parfois nommé Mansa Moussa) lors de son pèlerinage à La Mecque en 1324 sont si exubérantes que les cours du métal précieux chutent pendant plusieurs années… C'est d'ailleurs au retour de ce pèlerinage que le souverain fait bâtir la célèbre mosquée de Djinguereber, le plus ancien édifice de Tombouctou toujours visible aujourd'hui. L'histoire de ce roi frappera tellement les esprits qu'une carte commandée par le roi Charles V au cartographe de Majorque Abraham Cresques, en 1375, le représente portant un diadème d'or et tenant une pépite à la main. Vingt-trois ans plus tôt, le célèbre explorateur arabe Ibn Battuta avait décrit la ville, alors au faîte de sa puissance. Il parle de son commerce de l'or, bien sûr, mais aussi des esclaves, du sel, des chevaux.

Toutefois, les premiers conflits de succession ne tardent pas à apparaître. Très vite, l'empire du Mali présente des signes d'affaiblissement alors qu'un petit royaume situé plus à l'ouest, celui du Songhaï, s'éveille. De 1464 à 1492, la région connaît un important cycle de violences, marqué par l'incendie de Tombouctou en 1468 par le souverain Ali Ber. Mais à la mort du monarque, bien que la capitale de l'empire Songhaï soit fixée à Gao, Tombouctou connaît à nouveau une période de rayonnement intense sous le règne d'Askia Muhammad (1493-1528). Elle devient la cité phare de l'empire Songhaï, qui s'étend désormais du Sénégal

## Les aventuriers de la cité mystérieuse

### RENÉ CAILLIÉ (1799-1838)

Depuis sa lecture, enfant, du voyage de l'explorateur Mungo Park, il veut être le premier explorateur à « *atteindre Tombouctou ou mourir* ». Débarqué au Sénégal sans un sou en 1816, il apprend l'arabe et les coutumes musulmanes pendant plus d'un an avant de se mêler à des caravanes. Il vivra dans la crainte constante d'être découvert. Vêtu en pèlerin musulman, il atteint Tombouctou après un an de voyage, le 20 avril 1828, et y séjourne clandestinement durant quelques semaines. Il découvre qu'il y a été précédé par Alexander Gordon Laing. Mais celui-ci a été assassiné sur le chemin du retour. René Caillié mourra tuberculeux à moins de quarante ans.

APIC/GETTY IMAGES – MARY EVANS/RUE DES ARCHIVES

### ALEXANDER GORDON LAING (1794-1826)

Major de l'armée coloniale britannique, il rêve d'arriver « triomphalement » à Tombouctou. Son expédition quitte la Grande-Bretagne en 1825. Elle tournera vite au cauchemar. Parti de Tripoli, il subira les attaques des Touaregs et sera grièvement blessé. Atteint également par la peste, il parviendra en vue de Tombouctou en août 1826 et mourra sur la route du retour.

### BENJAMIN ROSE (OU ROBERT ADAMS)

Citoyen américain, métis, il a quitté New York en 1810 avant de faire naufrage au large de la Mauritanie. Capturé par des Maures (qui possèdent déjà un esclave français et un autre portugais), il est conduit à Tombouctou. Revendu plusieurs fois, il parviendra à atteindre Mogador (l'actuelle Essaouira). Son témoignage sera vécu à l'époque comme une « élucubration ». **B. A.**

BIBLIOTHEQUE NATIONALE DE FRANCE

## UNE HISTOIRE MILLÉNAIRE

**1000 :** probable fondation de Tombouctou par un clan touareg

**1324 :** pèlerinage de l'empereur Kankan Moussa à La Mecque. Au retour, il bâtit la mosquée de Djinguereber

**1352-1353 :** l'explorateur arabe Ibn Battuta séjourne à Tombouctou

**1458 :** Tombouctou est intégrée dans l'empire Songhaï

**1464-1492 :** règne d'Ali Ber

**1493-1528 :** règne d'Askia Muhammad

1000 | 1300 | 1400 | 1500 | 1600

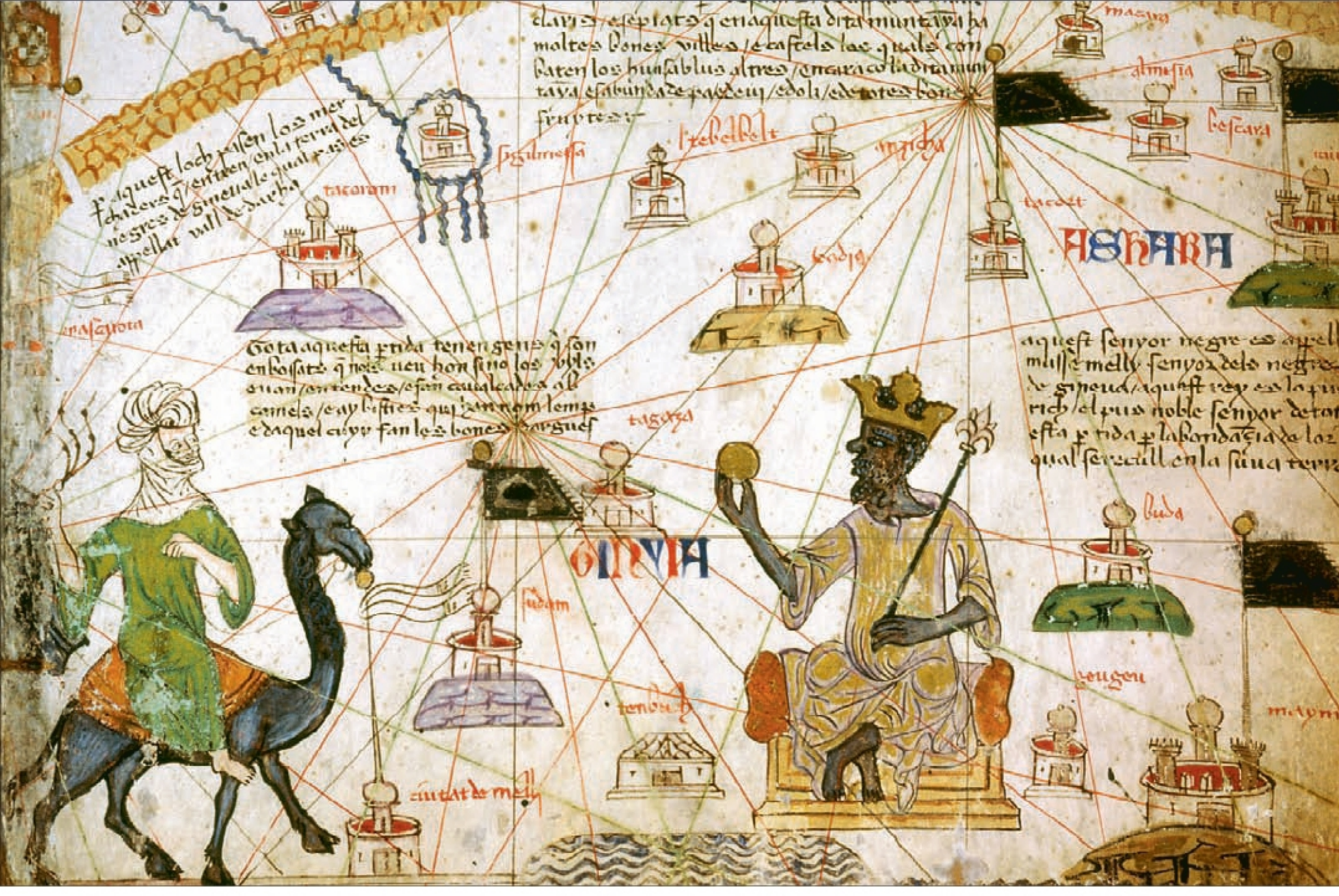
**1337 - 1453 :** guerre de Cent Ans en Europe

**1347 -1352 :** peste noire en Europe

**1440 :** érection de la mosquée de Sidi Yahya, une des trois grandes mosquées de la ville, classée au Patrimoine mondial

**1492 :** découverte de l'Amérique

**1506 :** visite de Léon l'Africain




Kankan Moussa, le plus fastueux des empereurs maliens, représenté par le cartographe Abraham Cresques en 1375 sur une carte destinée à Charles V.

au lac Tchad. « *Touaregs, Maures, Malinkés, Fulanis (Peuls), Juifs et Arabes… tous trouvaient le chemin de Tombouctou* », note l'anthropologue Tor A. Benjamisen dans le livre coécrit avec Gunnvor Berge. C'est au cours de cette période que la ville reçoit une visite déterminante : celle, en 1506, de Hasan ibn Muhammad al-Wazzan al-Zayyati, plus connu sous le nom de Léon l'Africain. Maure originaire de Grenade, il a fait partie avec sa famille des dizaines de milliers de musulmans et juifs expulsés d'Espagne en 1492 après la Reconquista, le mouvement de reconquête de la péninsule Ibérique par les souverains des royaumes chrétiens. Réfugié au Maroc, il s'initie à la carrière diplomatique en parcourant ces territoires de l'Afrique sahélienne. Capturé lors d'un voyage en Méditerranée, et emmené en Italie, il sera présenté au pape Léon X en raison de son incroyable érudition. Baptisé et adopté par le pape, il prend le nom très chrétien de Jean Léon de Médicis, et publie en 1526 une œuvre magistrale qui servira d'histoire de l'Afrique… pendant près de trois siècles !

C'est surtout à lui que l'on doit le mythe de Tombouctou la dorée. En effet, si les Occidentaux ne prêtent aucune attention à sa description assez simple de l'architecture de la ville, ils retiennent en revanche celle des routes de l'or qui traversent le Sahara pour atteindre les ports d'Afrique du Nord, et le nom de la fabuleuse ville de Tombouctou d'où tout paraît provenir. Mais Tombouctou a la réputation d'être une cité impénétrable, même si le sultan du Maroc parvient à la conquérir en 1591, pour une vingtaine d'années seulement. Elle est en outre strictement interdite aux incroyants : seuls les juifs y sont tolérés depuis longtemps, comme en témoigne encore un des cimetières de la ville. Du côté du monde chrétien, l'idée de vouloir rallier directement la cité mythique commence à germer. « *Jusqu'au XVIe siècle, les marins portugais* ●●●

**1591 -1760 :** Tombouctou sous contrôle du Maroc

**1825-1844 :** prise de Tombouctou par les Toucouleurs

**1826 :** le major Alexander Gordon Laing atteint sans doute Tombouctou, mais n'en revient pas vivant

**1828 (19 avril) :** René Caillié est le premier Européen à entrer et sortir vivant de la ville

**1894 :** prise de Tombouctou par les Français

**1960 :** indépendance du Mali

**2012 :** prise de Tombouctou par les groupes fondamentalistes Ansar Eddine, Mujao et Aqmi

1700 1800 1900 2000

# Des manuscrits d'exception en danger

*Tombouctou conserve des dizaines de milliers d'inestimables ouvrages anciens. La communauté intellectuelle mondiale tremble aujourd'hui pour cette « bibliothèque du désert ».*

Ouvrages de théologie, mais aussi de droit, de littérature, d'astronomie, de botanique, grimoires ésotériques ou livres de magie, les manuscrits de Tombouctou, sont un inestimable trésor. Comme ceux de Chinguetti, en Mauritanie, ils constituent ce que l'on appelle les « bibliothèques du désert ». Un savoir profane et religieux s'échelonnant du XII^e^ au XIX^e^ siècle. Combien sont-ils? Des dizaines de milliers? Certains évoquent le chiffre de 100 000 à 200 000. Les plus anciens pourraient remonter au X^e^ siècle. Les autres datent surtout des XV^e^-XVI^e^ siècles, époque de rayonnement de Tombouctou. « *On sait qu'à cette époque, quinze lettrés de Tombouctou traversèrent le Sahara pour étudier en Orient ou en Afrique du Nord* », précise l'anthropologue Gunnvor Berge. Au XVI^e^ siècle, lors de son passage dans la ville, Léon l'Africain écrit : « *On apporte dans cette ville divers manuscrits et ouvrages de Barbarie, qui y sont vendus plus cher que n'importe quelle autre marchandise* ». Tombouctou est par ailleurs la seule cité de la région à avoir laissé des traces historiques écrites : les fameuses chroniques que sont les *Tarikhs*. « *Les plus célèbres sont celles écrites entre 1627 et 1655 par Abderrahman es-Sadi : le Tarikh es-Sudan et le Tarikh el-Fettash* », explique Anne Mayor, archéologue de l'université de Genève, spécialiste du Mali. Rapportés par les caravanes du commerce transsaharien, ces ouvrages seront étudiés, copiés, recopiés durant des siècles. Aujourd'hui rassemblés dans des bibliothèques publiques de la ville, comme la bibliothèque Mamma Haïdara, ils sont aussi conservés en grand nombre chez des particuliers. Ils sont jalousement gardés dans de vieilles familles, transmis de père en fils. Certaines caisses et cantines se trouvent aussi chez de plus humbles habitants. Environ 30 000 de ces « livres » (des feuillets non reliés rassemblés dans des couvertures en cuir) sont conservés au sein de l'Institut de hautes études et de recherches islamiques Ahmed-Baba (Cedrab), créé en 1973. Les autres, ceux menacés par le sable, les souris et la paupérisation, pourraient bien l'être aussi par les nouveaux maîtres de Tombouctou. Le crainte d'un éventuel pillage ou d'une destruction préoccupe les instances internationales.

**Des milliers de manuscrits, transmis de père en fils, sont conservés dans des conditions précaires.**

MAYER/AGENCE VU

●●● *achetaient sur le littoral tout ce qui venait de l'intérieur de l'Afrique. Après l'or du Ghana, ils vont se mettre à rêver de voir l'or de Tombouctou atteindre directement Lisbonne* », indique François-Xavier Fauvelle. C'est le début d'un désir fou chez les explorateurs, qui durera plusieurs siècles. Celui d'être le premier Européen à franchir les portes de Tombouctou. Nombre d'aventuriers vont perdre la vie dans cette quête quasi mystique, qu'ils soient morts d'épuisement, de maladie, ou trucidés par les groupes touaregs qui nomadisent dans le désert. Mais rien n'y fait ! Les expéditions européennes se succèdent. En 1618, voulant mettre en place un commerce de l'or, une première mission anglaise est entièrement massacrée. La seconde n'atteint pas son but. Ceux qui s'en approchent n'en reviennent jamais. Ainsi, Paul Imbert, un marin français originaire des Sables-d'Olonne, capturé en 1670 au large de la Mauritanie, sera transféré dans la ville où il restera prisonnier

## Ceux qui s'approchent de Tombouctou n'en reviennent jamais

jusqu'à sa mort. Rappelons que l'intérieur de l'Afrique et les populations qui l'habitent sont alors totalement inconnus. On ignore quels sont les contours véritables du continent, ainsi que le tracé de ses fleuves dont on recherche encore les sources mythiques, comme celles du Nil. Le célèbre voyageur écossais Mungo Park (1771-1805), premier grand explorateur de l'Afrique, ne parviendra pas plus que les autres à Tombouctou. Il mourra à la hauteur de Bamako, l'actuelle capitale du Mali.

« *Au début du XIXe siècle, plusieurs groupes orthodoxes musulmans d'Afrique de l'Ouest mènent la guerre sainte, le djihad, contre d'autres groupes musulmans qu'ils jugent infidèles* », racontent Tor A. Benjaminsen et Gunnvor Berge. Les Toucouleurs, une population de langue peule, font partie des plus radicaux. Ils prennent le contrôle de Tombouctou de 1825 à 1844, avant d'en être évincés par une coalition de Touaregs, Songhaïs et Maures. C'est durant cette période que le premier Occidental parviendra à atteindre librement la ville, en avril 1828… « *et surtout à en revenir vivant* ! », rappelle l'historien François-Xavier Fauvelle. Il s'agit du Français René Caillié (*lire l'encadré p. 10*). Quelques années plus tôt, Benjamin Rose, un jeune marin américain, avait sans doute lui aussi aperçu la cité. Mais il y était entré comme esclave, à la suite d'un naufrage au large de l'Afrique de l'Ouest. Racheté en 1813 par le consul britannique de Mogador (l'actuelle Essaouira, au Maroc) – qui payait une rançon pour tous les chrétiens capturés –, il lui en fait alors une description précise. Mais celle-ci ne correspond pas du tout à l'image légendaire que ses interlocuteurs occidentaux se font de Tombouctou. Son témoignage n'est pas pris au sérieux. Une expédition menée en 1825 par le Britannique Alexander Gordon Laing demeurera elle aussi sans suite : bien que le major ait atteint la ville en 1826 après avoir vécu un véritable enfer, il n'en revint pas vivant.

René Caillié est donc reconnu aujourd'hui comme le premier Occidental à être entré dans Tombouctou. Il reçut pour cela la somme de 9000 francs – une petite fortune ! – promise par la Société de géographie française au premier qui réussirait cet exploit, et 3000 francs du ministère de la Marine. Il subira toutefois les violentes attaques des Britanniques, qui lui reprocheront d'être entré dans la ville en se faisant passer pour un musulman… et non en tant qu'Occidental. Outre-Manche, René Caillié sera longtemps considéré comme un escroc. Vingt ans plus tard, le géographe allemand Heinrich Barth confirmera en tout point les descriptions et propos du Français, tout en rappelant combien le rêve des hommes avait embelli la réalité. « *Ce que le grand auteur Alfred Tennyson avait pressenti en 1828, en écrivant dans un de ses poèmes que le mythe de Tombouctou tomberait avec sa découverte* », rappellent Tor A. Benjaminsen et Gunnvor Berge dans leur ouvage.

Dès lors, Tombouctou ouvrait ses portes au monde. Des portes que moins de deux siècles plus tard, personne ne souhaite voir se refermer une nouvelle fois.

**Bernadette Arnaud**

**INTERVIEW** **KLÉNA SANOGO,** directeur général de l'Institut des sciences humaines à Bamako, Mali

# « D'importants programmes de recherche ont été suspendus »

**Quelles conséquences pour la recherche ont les événements qui se déroulent actuellement dans le nord du pays ?**

Du fait de l'insécurité, tous les terrains de recherche situés au Nord et dans les bordures de la ceinture sahélienne sont impraticables. Aucune ambassade n'autorise plus les scientifiques à venir travailler au Mali. De très importants programmes de recherche ont été suspendus ou tout simplement annulés. Le secteur des sciences sociales, qui utilise abondamment les enquêtes sur le terrain, est particulièrement touché.

**Quel est l'impact financier ?**

Les budgets de recherche n'ont pas été alloués car d'autres priorités sont apparues. Ce qui est d'autant plus regrettable que le niveau de financement de la recherche au Mali s'était nettement amélioré ces dernières années. L'élan qui avait été imprimé à ce secteur va connaître un arrêt brutal. Il en va de même pour l'enseignement supérieur. Toutes les activités à caractère académique connaissent une récession réelle, ce qui est un facteur particulièrement négatif pour le développement d'un pays.

**Qu'est-ce qui vous préoccupe le plus aujourd'hui ?**

La destruction des éléments matériels et spirituels de la culture du Mali. Toutes choses qui constituent l'objet essentiel des recherches en sciences sociales. De surcroît, il est impossible de prévoir l'évolution de la situation ni de planifier les activités de recherche.

**Que peut faire votre Institut face à cette situation ?**

En tant qu'établissement public, il sera soumis aux différentes décisions que prendront les autorités du pays.

**Propos recueillis par B. A.**

### Pour en savoir plus

**Une histoire de Tombouctou,** Tor A. Benjamisen, Gunnvor Berge, Actes Sud, 2004.

**Tombouctou la mystérieuse,** Félix Dubois, 1897.

**Les Juifs au Sahara,** Jacob Olliel, CNRS, 1998.

**Tombouctou, les manuscrits sauvés des sables,** DVD, réalisation Lutz Gregor, 2009

# Comment payer avec un

**Bientôt dans notre quotidien ! Grâce à la technologie NFC (Near Field Communications, communications à faible portée), les téléphones de nouvelle génération pourront interagir avec notre environnement sans contact. Ils nous permettront notamment de régler nos achats ou de valider nos titres de transport. Il suffira de passer son smartphone à proximité d'un lecteur.**

**Principal atout par rapport au Wi-Fi ou à Bluetooth : la très faible portée de la transmission, une dizaine de centimètres, limite les risques de piratage. Si le système n'est pas infaillible, c'est plus au smartphone qu'à la liaison NFC que les pirates s'attaquent. La ville de Paris expérimente déjà les NFC comme moyen de paiement pour le stationnement.** Henri-Pierre Penel

## LES NFC, UNE MULTITUDE D'APPLICATIONS

### CONTRÔLE D'ACCÈS

Le smartphone est présenté au système informatique qui vérifie la validité de son numéro. De nombreuses fonctions peuvent lui être intégrées : modulation du temps de travail, accès restreint à certains horaires, etc.

### TRANSPORT

Les cartes de transport en commun utilisent déjà les NFC. Elles pourraient être directement chargées dans le smartphone, qu'il suffira alors de passer sur le lecteur.

### ÉCHANGES DE DONNÉES

Deux téléphones mobiles peuvent échanger des cartes de visite, des e-mails, etc. Le débit limité des NFC (848 kbits/s au mieux, soit 100 fois moins que Bluetooth dernière génération) ne permet pas le transfert de gros fichiers (musique ou vidéo).

### DÉVERROUILLAGE

L'accès à un ordinateur peut être sécurisé par un smartphone : il ne démarre qu'après vérification des codes d'accès contenus dans le mobile. Grâce à la très faible portée des NFC, la confidentialité est totale.

# smartphone ?

## PAIEMENTS SÉCURISÉS PAR TÉLÉPHONE SANS CONTACT

Le système NFC peut sécuriser un paiement grâce à la carte Sim intégrée dans le smartphone. Par Internet, il se connecte en 3G à un centre de contrôle « on line » pour valider la transaction. La liaison n'est toutefois pas à l'abri d'un piratage.

**1** Un générateur haute fréquence (13,56 MHz) alimente le bobinage du lecteur, constitué de spires de fil de cuivre. Il génère un champ magnétique que capte le bobinage de la carte ou du téléphone et alimente ainsi la puce NFC en électricité.

**2** La puce de l'émetteur communique alors avec le lecteur en faisant fluctuer sa consommation électrique en fonction des « 0 » et « 1 » correspondant aux données à transmettre. Ces fluctuations se répercutent sur la consommation du lecteur.

**3** Le lecteur décode les fluctuations et retrouve ainsi la succession de « 0 » et de « 1 » correspondant aux données d'origine. Ces données sont transmises au système informatique de contrôle : centre de traitement, logiciel exploité sur un ordinateur portable, téléphone mobile, etc.

ESPACE

# Curiosity Chroniques

*Trouver des traces de vie sur Mars? Un rêve qu'accomplira peut-être le robot, qui y passera près de deux ans. De quoi alimenter un feuilleton aux clichés spectaculaires.*

SIPA

**Embrassades et cris de joie!** *« Le plus grand événement médiatique depuis l'arrivée de l'homme sur la Lune! »* C'est dans une ambiance survoltée que le « rover » Curiosity a réussi son arrivée sur la planète Rouge, le 6 août au petit matin (heure française). Toute l'équipe du laboratoire californien JPL (Jet Propulsion Laboratory) de la Nasa, qui pilote depuis un demi-siècle les plus fantastiques missions spatiales robotisées (Voyager, Galileo, Cassini…), était là. Avec une vingtaine de Français, tout aussi enthousiastes *(lire l'entretien ci-contre)*. Tout d'abord silencieux, pendant les « 7 minutes de terreur » de la descente effrénée du nouveau robot martien, gros bébé de presque 1 tonne (899 kg) et six roues, en voyage interplanétaire depuis presque neuf mois. A l'amorce de sa descente, au sommet de l'atmosphère martienne, l'engin filait en effet à l'incroyable vitesse de 21 240 km/h.

Une photo noir et blanc, brusquement, avère l'arrivée de l'engin à 7 h 32 sur le sol martien. Les Terriens exultent, l'image va passer à la postérité. *« Notre curiosité est sans bornes »*, laisse échapper Charles Elachi, directeur du JPL, aux anges. Entendez : va-t-on enfin trouver ces « molécules organiques » qui seraient une preuve que la vie fut bien là, jadis, sur cette petite sœur de la planète Terre? Aux premières heures, on s'interroge : sont-ce des neiges que l'on voit là-haut, sur le sommet de la montagne Sharp, qui culmine à 5 500 m? Le feuilleton, qui doit durer au ●●●

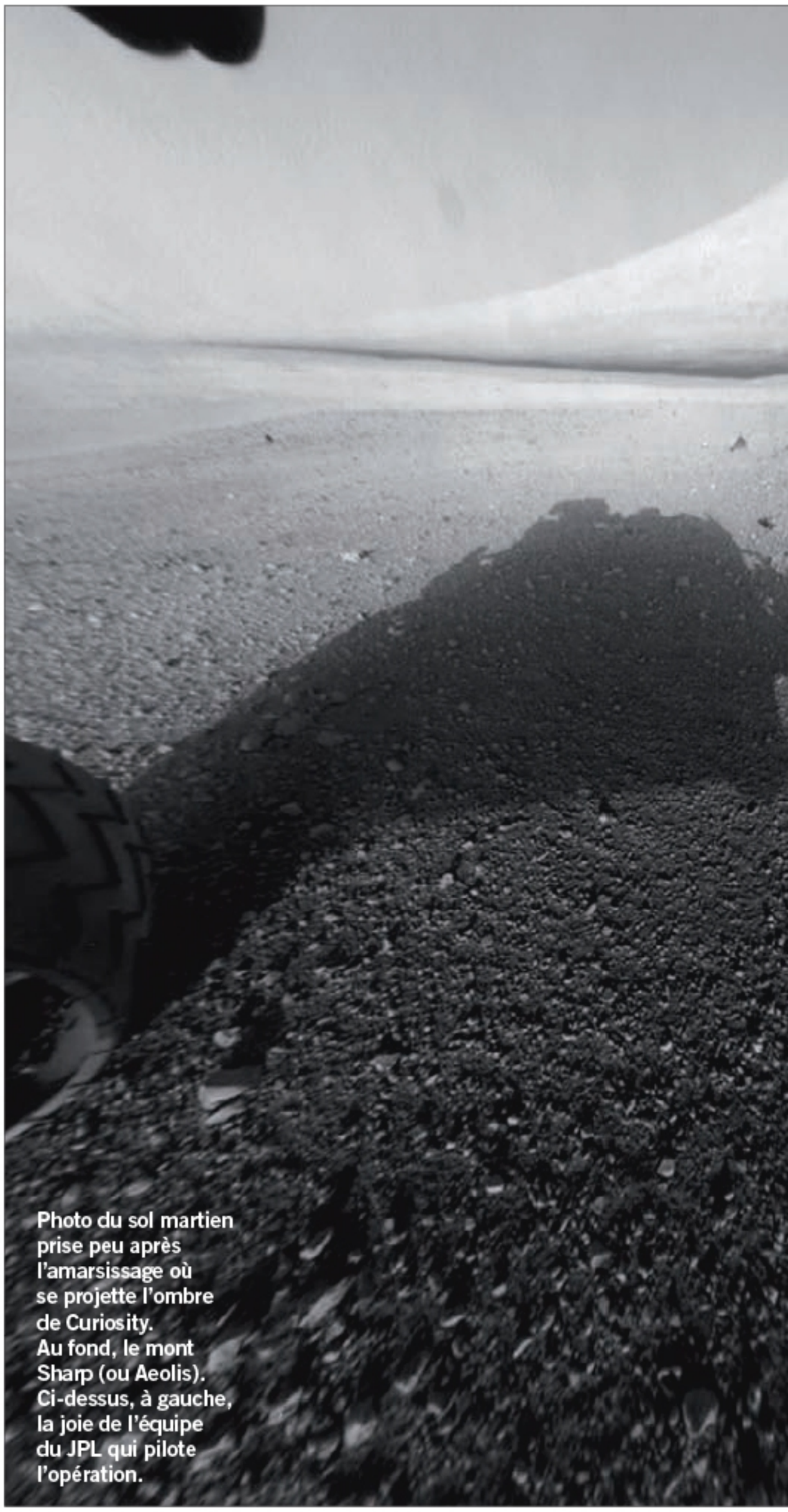


Photo du sol martien prise peu après l'amarsissage où se projette l'ombre de Curiosity. Au fond, le mont Sharp (ou Aeolis). Ci-dessus, à gauche, la joie de l'équipe du JPL qui pilote l'opération.

# martiennes, épisode 1

NASA/JPL-CALTECH

NASA/JPL/CALTECH

**ENTRETIEN** **SYLVESTRE MAURICE** Planétologue à l'Institut de recherches en astrophysique et planétologie (Irap, université de Toulouse-CNRS), concepteur de ChemCam

## « Un laser français pour analyser le sol de Mars »

*Financé par le Cnes, le ChemCam est l'un des principaux instruments scientifiques mis en œuvre par Curiosity.*

CNES

**Vous étiez au Jet Propulsion Laboratory, d'où la Nasa a piloté l'atterrissage du robot sur Mars. Comment avez-vous vécu l'événement?**

C'était une ambiance incroyable, les gens pleuraient de bonheur! Je n'avais jamais vécu une chose pareille. Pour son plus grand programme planétaire, la Nasa avait fait les choses en grand : j'ai croisé Buzz Aldrin et Morgan Freeman, invités pour l'occasion.

**ChemCam (Chemical Camera), dont vous êtes le concepteur, a-t-il répondu à vos attentes?**

Première bonne nouvelle : notre instrument a bien répondu à la mise sous tension électrique. Mais je ne pourrai vraiment éclater de joie qu'en constatant que le laser a bien fonctionné. Il faut patienter. Curiosity a embarqué dix outils scientifiques. Impossible de les utiliser simultanément; c'est la règle du jeu. Chacun fonctionne selon ses plages horaires afin d'optimiser les ressources électriques ou télémétriques du robot. On ne dispose pas en permanence d'un débit de transmission convenable pour correspondre par satellite depuis la Terre avec le « rover ».

**A quoi va servir l'instrument d'optique ChemCam?**

D'abord à l'analyse chimique du sol martien. Lorsque son laser est pointé sur une cible, il la chauffe à 8000 °C. A cette température, les molécules qui constituent roches et graviers sont détruites. Il se forme un nuage de gaz ionisé – du plasma. Le spectrographe peut analyser la composition chimique de ce nuage : beaucoup d'hydrogène, du sodium et du lithium montrent par exemple qu'on est sur de l'argile. Du coup, ChemCam peut aussi aider le pilotage du rover, puisqu'il permet de repérer, de loin, des sites intéressants.

**Que pensez-vous découvrir?**

Nous devrions trouver les mêmes trois grands types de roches – basaltiques, sédimentaires et métamorphiques – qui existent sur Terre! Mais nous ignorons comment elles sont structurées et réparties.

Prenons l'exemple de l'argile. Il y en a dans votre jardin; on en trouve aussi sur Mars. Mais qui dit argile, dit fabrication de cette argile par lessivage d'une roche mère par une eau – plus ou moins chaude et plus ou moins acide – dont elle révèle la présence passée. L'analyse du sol martien doit donc nous permettre de comprendre comment la surface de la planète s'est mise en place et altérée.

**Propos recueillis par Olivier Lascar**

# La descente en direct

NASA/JPL-CALTECH

◀ **Bouclier thermique**
**La photo haute définition, stupéfiante de précision, de la chute du bouclier thermique.**



NASA/JPL-CALTECH/UNIVERSITY OF ARIZONA

▶ **Le rover et son parachute**
**Photo prise depuis le satellite Mars Orbiter, à 340 km du robot.**



NASA/JPL-CALTECH

▲ **24 h après l'amarsissage**
**L'ombre projetée de ChemCam, le laser français, en haut du mât déployé.**

●●● moins une année martienne (687 jours), commence. Une fois tous ses instruments vérifiés – dont des modules français –, Curiosity doit lentement s'acheminer vers des zones argileuses, à environ 1000 m d'altitude. Elles sont nées voilà 4 milliards d'années, quand la planète était chaude et humide. Y trouvera-t-il les fameux *« CHNOPS »* (prononcez « shnopsse »), comme nous le raconte sans plaisanter Francis Rocard, responsable du programme d'exploration du Système solaire au Cnes (agence spatiale française), présent au JPL? Autrement dit, ces *« molécules constituées de chaînes de carbone »* sur lesquelles sont *« attachés des atomes comme l'hydrogène (H), l'azote (N)* (1), *l'oxygène (O), le phosphore (P), le soufre (S) »*, caractéristiques du vivant… aujourd'hui fossilisées? C'est toute la question.

Si elles se trouvent bien dans les roches, Curiosity, avec son laser, son bras manipulateur et son analyseur, devrait être capable de les détecter. Ce qu'il ne pourra pas voir, en revanche, *« c'est une bactérie bien vivante »*. Parce qu'elle ne pourrait survivre en surface, tuée par certains composés chimiques (2) et les rayons cosmiques, et que Curiosity ne peut rien perforer au-delà de 2 cm. *« Après Curiosity, il faudrait envisager de creuser jusqu'à 1 m de profondeur »* pour éventuellement trouver un organisme vivant, explique ainsi Francis Rocard. *« Là, on pourra commencer à rêver. »* Pour l'instant, commençons donc par assouvir nos premières curiosités.

**Dominique Leglu**

1) Désigné N : du latin *nitrogenium*, en anglais *nitrogen*.
2) $H_2O_2$, peroxyde d'hydrogène, plus connu sous le nom « d'eau oxygénée ».

## Pour en savoir plus

@ Découvrez notre dossier complet et toutes les images sur **www.sciencesetavenir.fr**

Sur ChemCam : *Sciences et Avenir* nº 776, octobre 2011

# Et si vous choisissiez la stabilité du long terme plutôt que la fragilité du court terme ?

*Quand une banque partage les valeurs de ses Sociétaires, leur confiance est réciproque et durable.* *Depuis 60 ans, la CASDEN s'engage, au quotidien, à leurs côtés afin qu'ils réalisent leurs projets en toute sécurité et aux meilleures conditions. Être une banque coopérative, c'est protéger avant tout les intérêts de ses Sociétaires.*

*Rejoignez-nous sur* **casden.fr** *ou contactez-nous au* **0826 824 400**

(0,15 € TTC/min en France métropolitaine)

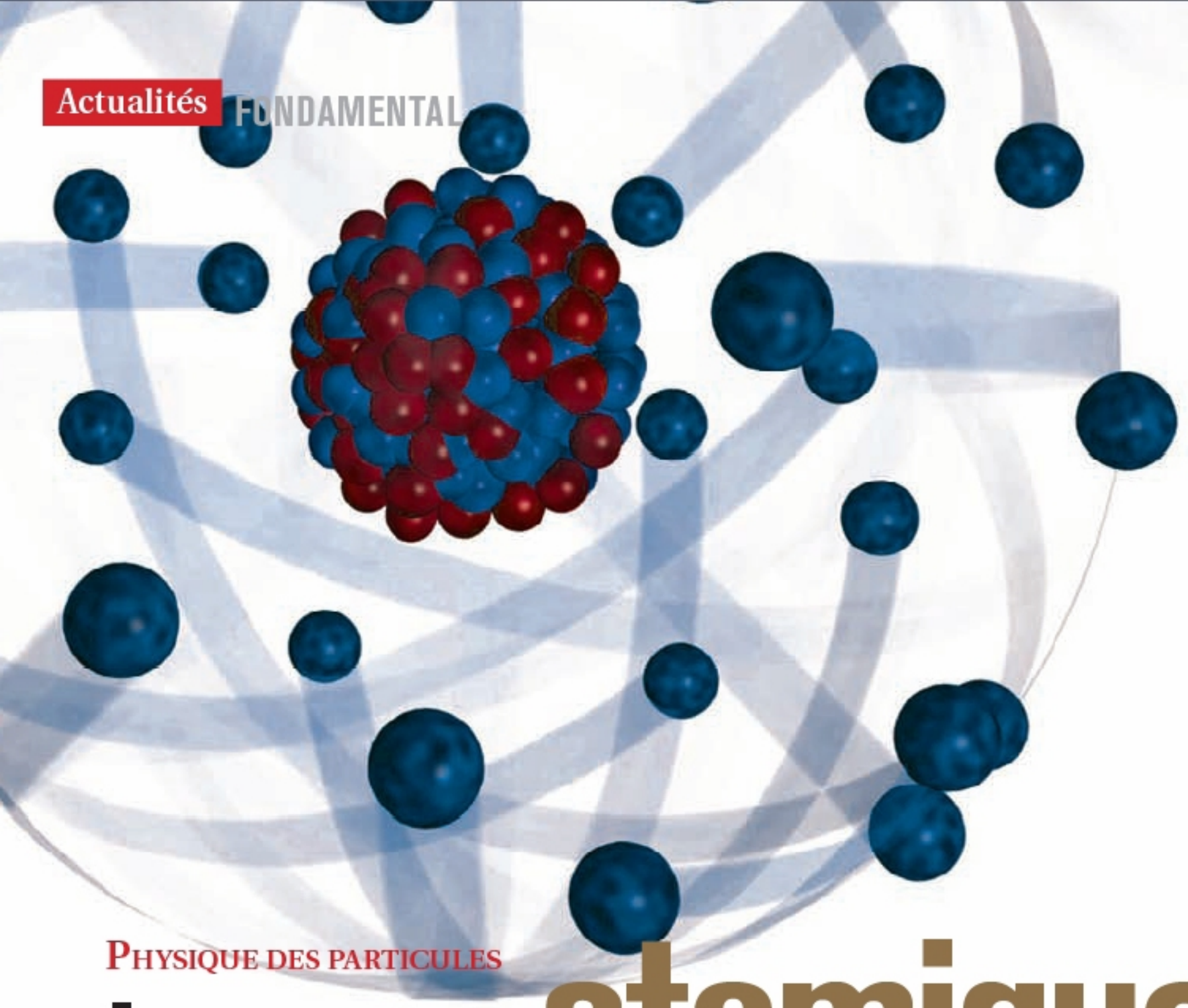
BANQUE POPULAIRE

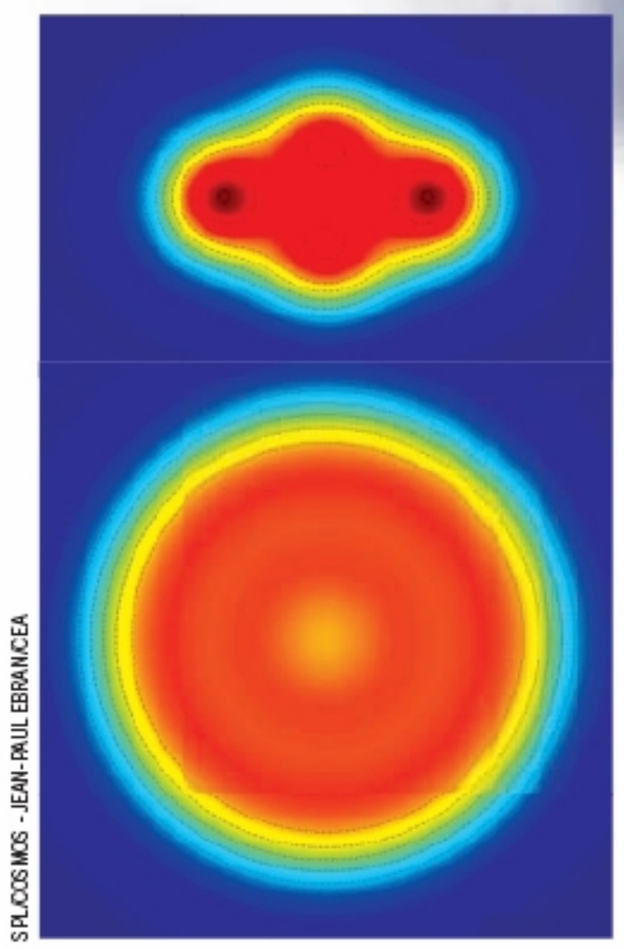
L'offre CASDEN est disponible en Délégations Départementales et également dans le Réseau Banque Populaire.

casden BANQUE POPULAIRE

CASDEN, la banque coopérative de l'éducation, de la recherche et de la culture

CASDEN Banque Populaire - Société Anonyme Coopérative de Banque Populaire à capital variable – Siège social : 91 Cours des Roches – 77186 NOISIEL
Siret n° 784 275 778 00842. RCS Meaux. Immatriculation ORIAS n° 07 027 138. BPCE – 50 rue Pierre Mendès France – 75013 Paris – RCS 493 455 042.
● Avis de Tempête - Illustration : Killoffer





S. PLACIOS MOS - JEAN-PAUL EBRAN/CEA

Ci-dessus, les deux représentations du noyau de l'atome : une goutte liquide pour les plus lourds (en haut, le noyau de l'étain), ou une structure rigide pour les plus légers (en bas, le noyau du néon). Ci-contre, représentation classique de l'atome : un noyau entouré d'électrons.

PHYSIQUE DES PARTICULES

# Le noyau atomique est à la fois liquide et solide

*Des chercheurs français et croates ont résolu, en s'appuyant sur les solutions de l'équation de Schrödinger, une contradiction de la physique moléculaire.*

**Les plus légers** seraient comparables à de minuscules agrégats rigides tandis que les plus lourds ressembleraient à une goutte de liquide : les physiciens avaient jusque-là deux images apparemment contradictoires pour décrire la nature d'un seul et même objet, le noyau atomique. Or, elles ne sont pas incompatibles, révèlent Jean-Paul Ebran, du Commissariat à l'énergie atomique (CEA), et Elias Khan, de l'Institut de physique nucléaire d'Orsay, avec leurs collègues de l'université de Zagreb (Croatie). Comment font les physiciens pour saisir la nature de cet amas de nucléons d'à peine un millionième de milliardième de mètre ? Ils recourent à la physique quantique, qui propose une vision probabiliste de la matière : ainsi, on évoque la probabilité de présence d'une particule plutôt que sa position. Et à des modèles, seuls capables de décrire ce qui se passe à l'échelle subatomique.

Les deux modèles proposés permettaient justement d'expliquer à merveille comment les atomes les plus légers ont été synthétisés dans les étoiles et, à l'inverse, pourquoi les plus lourds ont tendance à se fractionner (ce qu'on appelle la fission), comme le ferait une goutte traînée sur une surface. Pour les concilier, les chercheurs ont examiné les solutions de l'équation de Schrödinger qui décrit, en physique quantique, l'évolution d'une particule au repos. Et vu ainsi comment s'effectue le passage d'un modèle à l'autre. « *A mesure que le nombre de nucléons et la taille du noyau augmentent, les interactions entre neutrons et protons ne sont plus assez fortes pour fixer les nucléons au sein du noyau,* explique Elias Khan. *Celui-ci devient alors comme un liquide, avec des nucléons délocalisés. A l'inverse, dans un petit noyau, les nucléons sont maintenus de manière plus rigide.* » Avec la physique quantique, le noyau de l'atome était devenu insaisissable : le voici maintenant dual.

Une situation qui rappelle ce qu'on observe dans les… étoiles à neutrons ! Lorsqu'une étoile explose, elle expulse en effet ses couches superficielles tandis que son cœur s'effondre sur lui-même par l'action de la gravité, ce qui produit un astre extraordinairement lourd, formé de neutrons maintenus par la gravité. Or, dans ces étoiles à neutrons, la matière passe progressivement d'un état de solide cristallin en surface à un état liquide en profondeur.

**Azar Khalatbari**

## REPÈRE

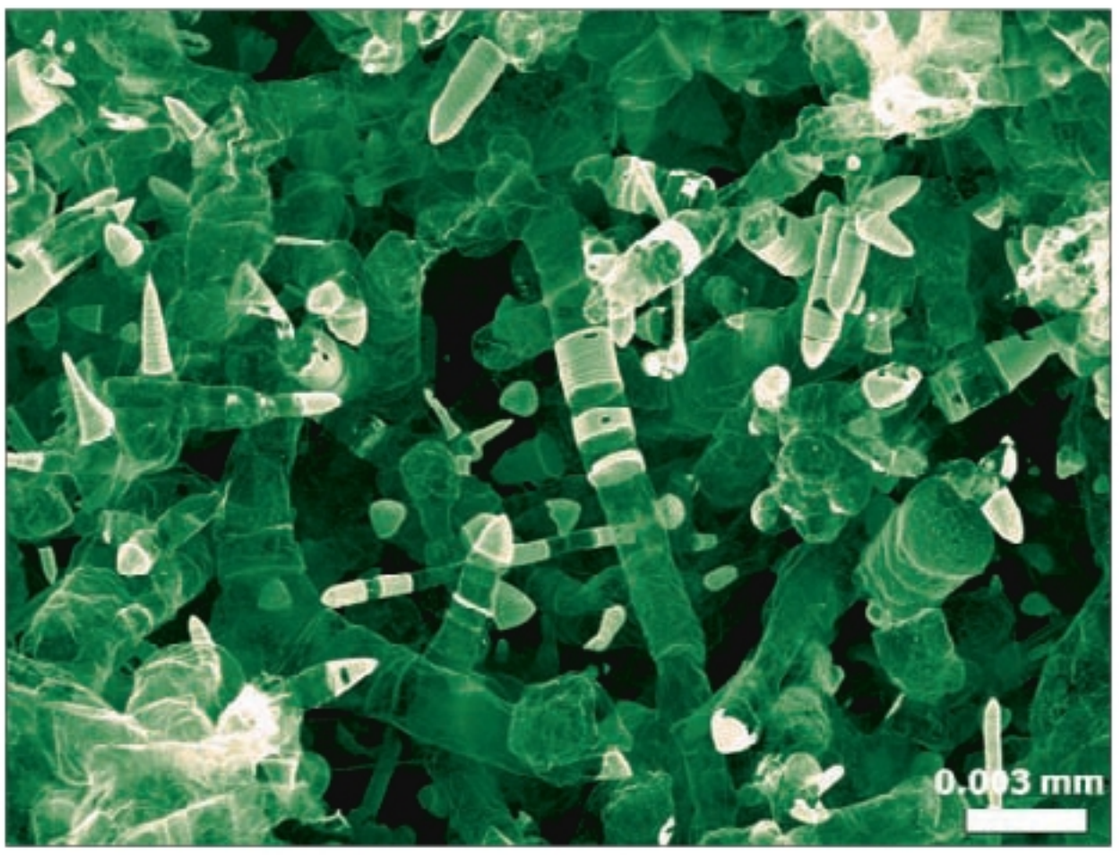
Le **noyau atomique** est fait de nucléons – neutrons et protons – maintenus ensemble par l'interaction forte. Le noyau d'hydrogène ne possède qu'un proton tandis que celui du plus lourd des éléments naturels, l'uranium, renferme 92 protons et 146 neutrons.

CHIMIE DES MATÉRIAUX

# Le matériau le plus léger du monde

**C'est un nouveau record** de légèreté pour un matériau : 0,2 mg/cm³, soit quatre fois moins dense que l'aérogel qui détenait la palme jusque-là. Le champion est allemand, il s'appelle aérographite et a été conçu par deux équipes, l'une de l'Institut des polymères et composites de Hambourg, l'autre de l'Institut des sciences des matériaux de Kiel.

Pour être presque aussi léger que l'air, il est constitué à 99,99 %… d'air ! Le peu qui reste : des nanotubes de carbone, d'où son extraordinaire noirceur. Malgré cela, l'aérographite n'est pas un matériau dénué de propriétés intéressantes. D'abord, il est très résistant d'un point de vue mécanique. Ensuite, il est très hydrophobe, et il bon conducteur d'électricité. Plus étonnant encore, il est tellement sensible au champ électrostatique que ses subtils copeaux se soulèvent et « dansent » à l'approche d'une règle en plastique préalablement frottée.



TUHH

Tubes d'aérographite en cours de fabrication.

Avec toutes ces caractéristiques, les chercheurs espèrent bien le faire sortir rapidement du laboratoire. Léger et résistant, il ferait un bon matériau de stockage, que son hydrophobie rendrait autonettoyant ; il pourrait aussi dessaler l'eau de mer, ou servir à la fabrication de piles au lithium ultralégères ou encore de composants électroniques. **A. Kh.**

http://2doc.net/njior

UCLA

## La vitre qui produit de l'électricité

L'équipe de Yang Yang, de l'université de Californie, a mis au point un panneau photovoltaïque transparent à 70 % qui, placé sur des fenêtres, pourrait produire de l'électricité. Il est fait d'un polymère, le PBDTT-DPP, qui absorbe la lumière surtout dans l'infrarouge et très peu dans le visible, associé à des composites conducteurs d'électricité. Le rendement est de 4 %, loin des 10 % des meilleurs polymères photovoltaïques. Mais il a des atouts : léger, flexible et peu cher à produire. *« Cette technologie devrait être en phase de test dans cinq ans »*, estime Yang Yang.

www.sciencesetavenir.fr

OPTIQUE

# Des particules d'or pour amplifier la lumière

**En s'inspirant des dispositifs** fixés sur nos voitures pour démultiplier le signal radio, des chercheurs des instituts Langevin (Paris) et Fresnel (Marseille) ont mis au point une antenne qui amplifie la lumière. Parce qu'elle est aussi une onde, la mission ne semblait pas impossible. Seul problème : la taille de l'antenne doit être en rapport avec celle de l'onde. Or, les longueurs d'onde de la lumière étant beaucoup plus courtes que celles des ondes radio, les antennes doivent être d'une taille infime, de l'ordre du nanomètre, c'est-à-dire plusieurs milliers de fois plus petites qu'un cheveu humain.

La solution trouvée par les chercheurs : une molécule d'ADN. Ils ont synthétisé des brins d'ADN longs de 10 à 15 nanomètres puis les ont recouverts de particules d'or de 36 nanomètres de diamètre ainsi que d'un colorant organique fluorescent. *« La molécule fluorescente émet des photons quand elle est stimulée par un laser,* explique Nicolas Bonod, de l'institut Fresnel, à Marseille, coauteur de l'étude. *Les particules d'or, elles, favorisent l'émission lumineuse. Il reste encore à résoudre des problèmes de déperdition. »* Amplifier une onde lumineuse pourrait permettre à l'avenir de développer des diodes plus efficaces ou des capteurs solaires plus compacts. **R. C. avec O. L.**

ARCHÉOLOGIE

# Des barrages menacent le patrimoine du Soudan

*L'aménagement hydroélectrique du Nil risque de faire disparaître sous les eaux des sites majeurs. La communauté archéologique se mobilise pour les sauver.*

BERNADETTE ARNAUD

BETTY LARON

**Le temple du pharaon Aménophis III, sur le site de Soleb (ci-contre), pourrait être gravement touché par la mise en eau des barrages.**

**Une partie du patrimoine** du Soudan pourrait être mise en péril par des projets de barrages sur le Nil et ses affluents. « *D'importants sites archéologiques sont menacés de disparaître* », affirme Claude Rilly, directeur de la Section française de la Direction des antiquités du Soudan (SFDAS), à Khartoum *(lire notre reportage au Soudan*, Sciences et Avenir *n° 783, mai 2012)*.

En mai dernier, lors d'une première conférence consacrée à ce problème, au British Museum à Londres, les archéologues avaient demandé aux autorités soudanaises de clarifier leurs projets. Le cours du Nil est en effet déjà barré par plusieurs ouvrages hydroélectriques. En 2009, le barrage de Mérowé, avec sa retenue d'eau de 170 kilomètres, avait noyé plusieurs sites.

De quelle ampleur est la menace ? « *Le rehaussement du barrage de Rosearis, dont les travaux ont déjà débuté sur le Nil Bleu, et la construction du large ouvrage qui reliera le haut Atbara et son affluent la Setait risquent, par exemple, de noyer les vestiges d'une civilisation peu connue, la culture du Gash* », explique le spécialiste. Trois barrages – Shereik, Dagash et Mograt – sont prévus dans une région peu explorée et qui recèle des vestiges méroïtiques et chrétiens. Sur la VIe cataracte, la retenue de Sabaloka ferait disparaître une des rares zones vertes du Nord Soudan. Celle de Kajbar, sur la IIIe cataracte, supprimerait la plus belle collection de gravures rupestres du pays. Enfin, le barrage de Dal, entre les IIe et IIIe cataractes, détruirait les principaux sites pharaoniques de la Nubie soudanaise : dans l'île de Saï, les vestiges s'étageant du paléolithique à l'époque ottomane disparaîtraient sous les eaux.

Face aux risques encourus – bien que le pire ne soit pas certain, le Soudan affrontant de graves problèmes économiques –, des fouilles de sauvetage ont été demandées par les chercheurs. Une mission du British Museum, en coopération avec le Département soudanais de construction des barrages (Dam Implementation Unit), s'est déjà rendue en Nubie afin d'évaluer l'impact des projets. Une répartition des concessions entre les différents acteurs des fouilles de sauvetage devrait prochainement avoir lieu. **Bernadette Arnaud**

**Lire le grand entretien avec Claude Rilly sur www.sciencesetavenir.fr/decryptage**

PATRIMOINE

# Démantèlement d'un trafic de statues

**La police pakistanaise** vient d'arrêter des trafiquants d'objets d'art au moment où ils s'apprêtaient à expédier plusieurs caisses de statues gréco-bouddhiques hors de la capitale. Selon M. Bokhari, directeur du Musée national de Karachi, ces sculptures *« proviendraient du Gandhara, un ancien royaume, florissant aux Ier-IVe siècles, qui s'étendait du nord du Pakistan à l'est de l'Afghanistan »*. Bouddhas en méditation ou dévots, ces reliques seraient surtout originaires de la région de Peshawar, où elles auraient été dérobées il y a déjà plusieurs mois. Plus de 300 œuvres vieilles de 1500 à 2000 ans ont ainsi été saisies. Toutefois, certaines pourraient être des contrefaçons. Les trafiquants mêlent en effet d'authentiques vestiges à des faux grossiers pour faciliter le passage aux frontières. **B. A.**

ATHAR HUSSEIN/REUTERS

**Les statues volées proviennent de l'ancien royaume du Gandhara.**

PALÉOANTHROPOLOGIE

# Le plus complet des australopithèques

**Il répond au doux** nom de Karabo, et ce serait le squelette de préhumain le plus complet jamais découvert. Exhumé en 2008 dans la grotte de Malapa, au nord de Johannesburg (Afrique du Sud), il n'a été repéré qu'en juin dernier : cet australopithèque fossile vieux de 2 millions d'années patientait au fond d'un laboratoire de l'université sud-africaine du Witwaterstrand. C'est en voulant déplacer un bloc rocheux qui attendait patiemment son passage aux rayons X que les scientifiques ont aperçu une dent qui dépassait de la pierre ! Le passage au scanner a alors permis de découvrir le squelette dissimulé à l'intérieur de sa gangue minérale. Cette enveloppe sera bientôt brisée afin de recueillir les précieux restes de l'hominidé. Les premières analyses ont déjà permis d'identifier un fémur ainsi que des côtes, des vertèbres et des éléments de mâchoire.

Il s'agirait d'un enfant âgé de 9 à 12 ans, appartenant à l'espèce *Australopithecus sediba*. Cette dernière intéresse énormément les spécialistes parce qu'elle possède des caractéristiques qui suggèrent autant la bipédie qu'une vie arboricole. L'hominidé serait contemporain de *Homo habilis*, le premier représentant du genre *Homo*. Quelques fragments appartenant à deux autres *A. sediba* avaient déjà été trouvés au même endroit en 2008. **B. A.**

WITS

**Justin Mukanku, de l'université du Witwatersrand, avec le fossile dans sa gangue rocheuse.**

## Le plus vieil insecte

ROMAIN GARROUSTE/MNHN

Elle est belge et vieille de 365 millions d'années. Selon les chercheurs du Muséum national d'histoire naturelle de Paris *« cette petite sauterelle serait le plus ancien fossile complet d'insecte jamais vu »*. *Strudiella* a été découverte près de Strud, dans la province de Namur.

## Le chiffre

**► -44 000 ANS**

**C'est la date à laquelle les chasseurs-cueilleurs sont apparus en Afrique du Sud, affirme Francesco d'Errico, de l'université Bordeaux-I, en s'appuyant sur de nouvelles datations réalisées sur des perles en œuf d'autruche, des outils en bois ou des pointes de flèche en os exhumés dans la grotte de Border. Ces objets sont identiques à ceux que les Sans (Bushmen) produisent encore aujourd'hui, ont été façonnés il y a 44 000 ans.**

## Découverte d'un temple maya

Un temple maya dédié au « soleil nocturne » a été découvert à El Zotz, dans la forêt du Peten, au nord du Guatemala. A l'intérieur, une frise constituée de huit grands masques en stuc représentant l'astre solaire. Bâti il y a 1600 ans, le temple renferme des emblèmes de l'inframonde, le monde souterrain que l'astre solaire – sous forme de jaguar – traverse chaque nuit. Chez les Mayas, le soleil nocturne est lié aux guerres et aux sacrifices sanglants.

**www.sciencesetavenir.fr**

C-1, le véhicule urbain du futur, imaginé par la start-up Lit Motors.

TRANSPORTS

# La moto qui se relève toute seule

*A mi-chemin entre auto et moto, cet engin électrique cumule les avantages d'un deux-roues avec la sécurité d'une voiture.*

**Sans béquille** ni vitesse, tous les deux-roues… tombent. Tous ? Non, une start-up américaine a imaginé un système qui permet à une moto de rester « debout » à l'arrêt. Pour Lit Motors, c'est le véhicule urbain du futur. La forme de l'engin, baptisé C-1, rappelle en effet de curieux véhicules apparus ces derniers temps. On peut y reconnaître une Renault Twizy ou une Smera de Lumeneo, mais avec seulement deux roues.

Une prouesse rendue possible grâce à deux gros gyroscopes installés sous le plancher. De quoi s'agit-il ? Ce sont de gros disques qui, en tournant, s'opposent en permanence aux forces tendant à faire chuter le véhicule. Le principe peut être expérimenté chez soi avec une simple roue de vélo, que l'on tient à bout de bras par le moyeu, et que l'on fait tourner le plus vite possible. Plus la rotation est rapide, plus il est difficile de maintenir la roue inclinée sur le côté. C'est que le mouvement de rotation s'oppose au déplacement latéral et tend à ramener la roue à la verticale.

Adapté à un véhicule comme le C-1, ce dispositif d'auto-équilibrage semble si efficace qu'en cas de collision avec une voiture, la moto s'incline puis se remet bien droite sur ses deux roues à la façon d'un Culbuto. Dans la vie de tous les jours, elle peut enchaîner les virages en s'inclinant jusqu'à un angle de 45° sans que son pilote ait à intervenir pour équilibrer la machine, comme il devrait le faire sur un deux-roues classique.

Convaincant sur le papier, le système a une limite dans la réalité : les gyroscopes et l'électronique qui les contrôle ont besoin d'électricité pour fonctionner. Que se passe-t-il en cas de panne ? *« Le C-1 dispose de redondances, c'est-à-dire que tous les systèmes critiques sont doublés ou triplés*, explique Ryan James, un dirigeant de Lit Motors. *De plus, une sorte de béquille se déploie automatiquement en cas de panne de tous les systèmes. »* Un appendice qui sert aussi à maintenir le C-1 quand il est garé.

L'engin, encore au stade de prototype, devrait coûter cher s'il est commercialisé. *« Les premiers véhicules seront livrés fin 2014 aux Etats-Unis, au prix de 24 000 dollars [19 700 €]*, prévoit Ryan James. *La production à plus grande échelle (les livraisons en Europe devraient suivre de près celles aux Etats-Unis) devrait faire passer le prix sous la barre des 16 000 dollars. »*

**Olivier Hertel**

- http://litmotors.com/lit-news/
- www.dailymotion.com/video/xd6kcf_le-gyroscope_creation

## REPÈRES

### LA TROISIÈME ROUE

La méthode la plus efficace pour faire tenir un deux-roues en équilibre est… de lui rajouter une roue.

Depuis 2006, Piaggio produit ainsi des scooters à trois roues. Le gain en termes de sécurité est tel que ces « tricycles » connaissent un grand succès commercial. D'autres fabricants tels que Quadro ou Peugeot ont donc suivi. Le concept repose sur un train avant composé de deux roues et d'une suspension articulée qui rend les roues indépendantes l'une par rapport à l'autre. Le scooter peut donc s'incliner dans les virages. En revanche, lorsqu'on bloque l'articulation à l'arrêt, il reste droit.

IMAGERIE

# Une caméra détecte les battements de cœur

**Blanc, rouge, blanc, rouge…** Tel un clignotant, le visage d'une personne filmée peut révéler ses battements de cœur. Car l'afflux sanguin provoque des déformations du visage invisibles à l'œil nu, mais qu'un logiciel d'imagerie peut déceler et caricaturer à outrance pour les faire apparaître. L'équipe de Frédo Durand au Massachusetts Institute of Technology (Etats-Unis) a ainsi mis au point un système qui amplifie en temps réel les fréquences des couleurs que l'on veut faire ressortir et atténue les autres.

LIT MOTORS

MIT

**Le traitement des images révèle, par variation des couleurs (ligne du bas), l'afflux sanguin sur le visage.**

En développant leur système, les chercheurs ont eu la surprise de découvrir qu'ils pouvaient ainsi amplifier un mouvement imperceptible, et ce, en raison des changements subtils de lumière et donc de couleurs. Ils ont par exemple pu montrer que des ombres bougent entre deux photos prises au même endroit à 15 secondes d'intervalle. Plus spectaculaire : sur une vidéo amplifiée, ils font apparaître les déformations sous la peau du poignet dues aux pulsations d'une artère. Un mouvement invisible sur la même vidéo, sans l'amplification. Sur une autre, ils parviennent à révéler les faibles mouvements respiratoires d'un bébé pendant son sommeil.

Au-delà de la prouesse visuelle, les chercheurs du MIT estiment que cette technologie pourrait être adaptée pour suivre, sans aucun contact, les signes vitaux (rythme respiratoire, rythme cardiaque) de malades hospitalisés. Par exemple, plutôt que d'équiper un bébé prématuré de multiples capteurs reliés par fil à des machines, il suffirait de braquer sur lui une caméra qui détecterait les moindres changements des rythmes cardiaque et respiratoire. **O. H.**

AÉRONAUTIQUE

# L'avion électrique vole à plus de 300 km/h

**326 km/h :** record battu pour Chip Yates, premier homme à dépasser la barre des 200 miles par heure (321,87 km/h) à bord d'un avion électrique, le Long-ESA. Le vol d'essai a été effectué le 19 juillet au-dessus du désert de Mojave, en Californie. Equipé d'un moteur électrique développant une puissance de 258 chevaux, l'avion a dû cependant se poser après seulement 16 minutes de vol : batteries à plat.

FOTC

Or, ce vol est justement une étape importante du projet mené par le pilote : développer un avion électrique rechargeable en vol ! Après avoir créé sa propre société, Yates a imaginé un système qui permettrait de remplacer les batteries tout au long du trajet de l'aéronef, réglant ainsi le problème d'autonomie. Le procédé repose sur un pack de batteries volant, sorte de drone, accroché à l'avion. Quand l'énergie vient à manquer, le drone se détache pour rejoindre tout seul une station de recharge au sol ou en mer (installée par exemple sur une ancienne plate-forme pétrolière). Au même moment, un autre drone chargé à bloc décolle de la station pour venir s'accrocher à l'avion qui peut ainsi poursuivre son vol. Durant la transition, l'aéronef utilise son pack de batteries interne. Idéalement, la charge des « drones batteries » se ferait avec des énergies renouvelables. Une folle entreprise qui, si elle aboutit, justifiera le nom de la société, FOTC, pour Flight of the Century : le vol du siècle ! **O. H.**

➕ www.youtube.com, mots clés : Chip Yates long esa 19 july

## Ecrire avec les yeux

Jean Lorenceau, de l'Institut du cerveau et de la moelle épinière, a créé un procédé pour tracer n'importe quelle forme d'un simple regard. Le mouvement des yeux est enregistré par un capteur et reproduit sur un écran *(photo)*. Il fallait pour cela surmonter un obstacle physiologique : nos yeux ne peuvent former une trajectoire régulière que s'ils suivent un objet en mouvement. Sinon, leur déplacement est saccadé, telle une main qui tremble, rendant l'écriture illisible. Le chercheur s'est inspiré d'une illusion d'optique, le *reverse-phi*, pour créer à l'écran une impression de mouvement sur lequel le regard « se pose », et garde ainsi un tracé régulier. Cette technologie, qui pourrait changer la vie des paralysés, ne sera pas commercialisée avant deux ans (vidéo sur notre site http://2doc.net/58x7u).

LORENCEAU/CNRS

## L'empreinte des pieds pour s'identifier

Mieux que les empreintes digitales ou l'iris de l'œil : le pied. Comme nous avons tous des pieds et une façon de marcher uniques, des chercheurs de l'université Carnegie Mellon (Etats-Unis) ont conçu des semelles biométriques emplies de capteurs, qui analysent entre autres la pression du pied et la façon dont elle est exercée. Si ces informations ne correspondent pas au profil préétabli de la personne, les semelles envoient un signal qui déclenche une alerte. Les chercheurs y voient une solution pour sécuriser l'accès à des sites sensibles.

➕ www.sciencesetavenir.fr

OCÉANOLOGIE

# Du fer contre l'effet de serre ?

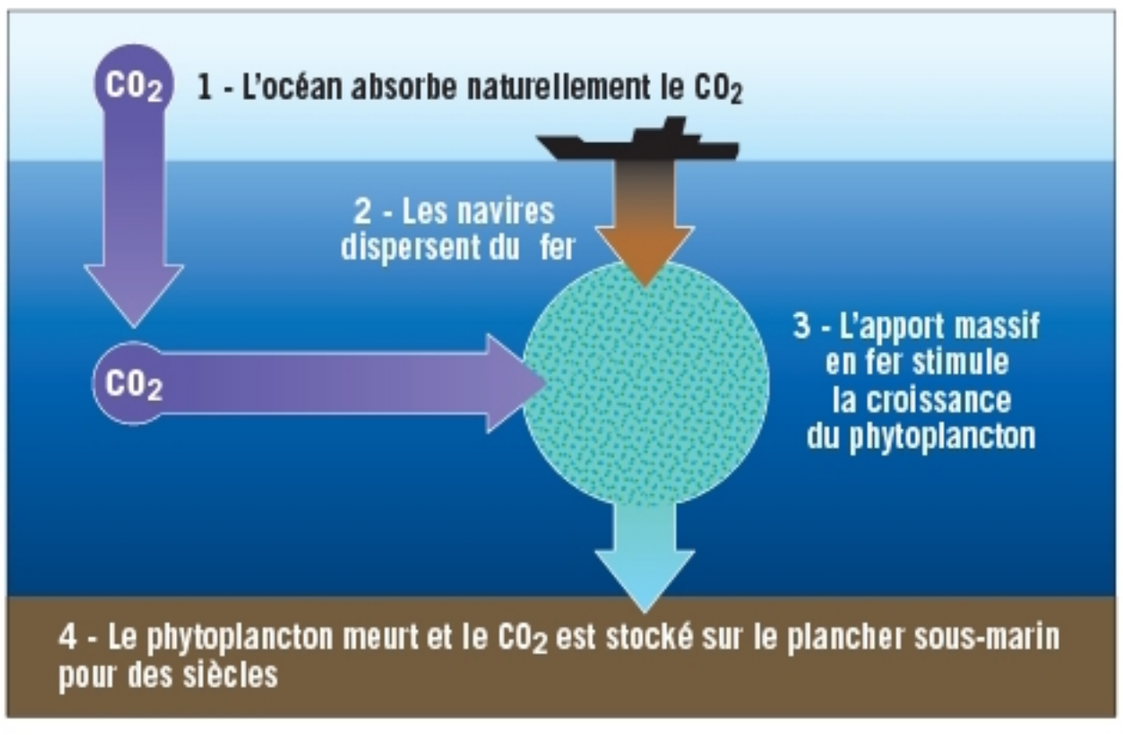
« Chaeotceros atlanticus », une microalgue planctonique, vue au microscope.

*Semer du fer dans l'océan favorise le stockage du $CO_2$ par le phytoplancton, conclut une étude. Un effet trop aléatoire, cependant, pour lutter contre le réchauffement.*

**Oui, saupoudrer du fer** sur les océans favorise un développement massif du phytoplancton, qui se nourrit de gaz carbonique. Mais non, ce n'est pas une solution pour réduire la teneur en $CO_2$, gaz à effet de serre, dans l'atmosphère. C'est avec un grand luxe de précautions que les scientifiques de l'institut Alfred Wegener à Bremerhaven, en Allemagne, ont présenté les résultats de l'expérience baptisée Eifex, publiés dans la revue britannique *Nature*.

En février 2004, deux jours durant, sept tonnes de sulfate de fer ont été dispersées au sein du courant marin entourant l'Antarctique (le courant circumpolaire antarctique). *« Cette zone est riche en tous les éléments nutritifs sauf en fer, ce qui limite la croissance du phytoplancton,* explique Francesco d'Ovidio, chercheur au Laboratoire d'océanographie et du climat à l'université Paris-VI et coauteur de l'article. *Nous pouvions donc y mesurer précisément l'influence de ce facteur sur le milieu. »* L'ensemencement en fer *(voir le schéma ci-contre)* a provoqué une explosion d'algues (un « bloom ») vingt-quatre jours après. Premières bénéficiaires : les diatomées, des microalgues qui se fabriquent un squelette de silice à partir du $CO_2$ capté dans l'atmosphère. *« Plus de la moitié de ce plancton a coulé quelques jours plus tard au-delà de 1000 mètres de profondeur,* affirment Victor Smetacek et Christine Klaas, signataires de l'article. *Le carbone est ainsi stocké sur le plancher sous-marin pour une très longue durée. »* Le but de ces travaux est d'abord de mieux quantifier le rôle des océans dans le cycle du carbone : *« Des données essentielles pour mieux intégrer le captage du $CO_2$ par les océans dans les modèles de prévision de l'évolution du climat »*, affirme Francesco d'Ovidio.

Pourquoi a-t-il fallu attendre huit ans avant de voir les résultats publiés ? D'abord, c'est que le phénomène, complexe, a demandé des contributions de diverses disciplines. Mais c'est aussi que le sujet est très sensible. L'ensemencement des océans est présenté par des entreprises tel l'américain Planktos comme une solution face aux émissions de gaz à effet de serre et donc au réchauffement climatique. *« Les partisans de cette géo-ingénierie espèrent se faire payer par le marché du carbone les tonnes de $CO_2$ qu'ils auraient soi-disant effacées de l'atmosphère »*, dénonce Valéry Laramée de Tannenberg, coauteur d'un livre sur le sujet*. Les chercheurs estiment, eux, qu'il faudrait d'abord mieux comprendre le milieu océanique. *« En 2009, une expérience similaire menée dans une autre région de l'océan Antarctique a favorisé la croissance d'un type différent de phytoplancton, qui n'a pas coulé mais a été absorbé par le zooplancton, avec un gain final en termes de bilan carbone beaucoup plus faible »*, poursuit Francesco d'Ovidio. Les incertitudes sont bien trop nombreuses pour envisager ces projets démesurés. **Loïc Chauveau**




BETTY LARON-GUARDIANCO.UK

**Scénarios d'avenir. Futurs possibles du climat et de la technologie,* avec Bertrand Guillaume, Armand Colin.

AGRONOMIE

# Le génome de la banane a été séquencé

**Après celui du riz** (2005) et de la vigne (2007), et en attendant celui du blé (pas avant 2014), c'est le génome du bananier qui vient d'être séquencé. L'emplacement de 36 000 gènes sur ses 11 chromosomes a été révélé dans la revue *Nature*, couronnant les efforts des chercheurs français du Centre de recherche agronomique pour le développement (Cirad), du Commissariat à l'énergie atomique (CEA) et du Genopole à Evry.

C'est une bonne nouvelle pour les plus pauvres d'Afrique, Inde et Chine (environ 400 millions d'êtres humains) qui dépendent du fruit pour leur survie : *« Nous allons pouvoir comprendre d'où vient la stérilité de l'espèce* Musa acuminata *qui produit les bananes consommées par l'homme et sélectionner des gènes de résistance aux maladies »*, explique Angélique D'Hont, chercheuse au Cirad de Montpellier.

MARINA MONTRESOR, SZN ; ALFRED WEGENER INSTITUTE

La moitié des bananiers plantés dans le monde sont issus d'une même graine.

ANGÉLIQUE D'HONDT

A l'origine plante sexuée d'Asie du Sud-Est, le bananier a connu plusieurs vagues d'hybridation naturelle avant d'aboutir à des individus stériles que les hommes ont sélectionnés il y a quelques millénaires parce que les fruits n'avaient pas de graines. *« Depuis, la plante ne s'est reproduite que par clonage, au point que la moitié des bananiers dans le monde proviennent d'une seule graine »*, poursuit Angélique D'Hont.

Résultat : la banane est hypersensible aux parasites. Ainsi, la culture de la variété Gros Michel, ravagée par un champignon microscopique provoquant la maladie de Panama, a dû être abandonnée. Elle a été remplacée par un hybride résistant, la Cavendish, qui semble attaquée à son tour, comme les agronomes l'ont constaté en Asie. *« Il y a urgence à trouver une nouvelle variété résistante, et la sélection par marqueur génétique, désormais possible puisque nous connaissons l'emplacement des gènes de résistance grâce au séquençage, nous fera gagner du temps »*, assure Angélique D'Hont. **L. C.**

HERPÉTOLOGIE

# Les varans viennent tous d'Asie

**On a enfin compris** l'origine du redoutable dragon de Komodo, qui n'est pas un dinosaure malgré son apparence effrayante. Toute la famille des varans, à laquelle il appartient, a quitté l'Asie il y a 40 millions d'années avant de conquérir l'Afrique puis l'Australie, selon une étude génétique publiée dans *Biology Letters*. *« Une origine jusqu'à aujourd'hui très controversée »*, explique Nicolas Vidal, chercheur au Muséum national d'histoire naturelle de Paris et auteur de l'étude. Répartis en 73 espèces, ces reptiles carnivores se sont alors disséminés sur tout l'Ancien Monde. *« Des travaux précédents leur attribuaient une origine très ancienne, dans le Gondwana* [le supercontinent qui s'est fracturé il y a 150 millions d'années], poursuit Nicolas Vidal. *Pourtant, l'étude des fossiles favorisait plutôt l'hypothèse d'une origine africaine. »* Ni l'un ni l'autre : l'analyse des gènes et la comparaison de toutes les familles de lézards a clos le débat. **E. L.**

MICHEL GUNTHER / BIOSPHOTO

Varan « Varanus tristis tristis ».

## Le moustique tigre est arrivé à Paris

Reconnaissable à son corps rayé de blanc, le moustique tigre poursuit sa conquête de la France. Présent seulement dans les régions méditerranéennes jusqu'à l'an dernier, il a été détecté en juillet en Ile-de-France, amenant les pouvoirs publics à faire surveiller les aéroports parisiens et les halles de Rungis. Le moustique tigre (*Aedes albopictus*) est un vecteur de la dengue et du chikungunya.

## Le chiffre

**► 7,2**

**TONNES**

**C'est la quantité de gaz à effet de serre émise en moyenne par un Chinois l'an dernier. Soit autant qu'un Européen, révèlent les calculs de l'Agence néerlandaise d'évaluation environnementale. Deux raisons expliquent cette première. La Chine a maintenu une croissance élevée (à 9,2 % contre 10,4 % en 2010) tandis que la crise économique et un hiver très doux ont freiné l'augmentation des émissions européennes.**

## La pêche en eaux profondes interdite ?

L'Union européenne a proposé d'interdire la pêche en eaux profondes d'ici à deux ans. La commissaire à la Pêche, la Grecque Maria Damanaki, estime que la capture de lingues bleues, grenadiers ou sabres noirs, espèces vivant à plus de 1000 mètres de profondeur, se fait sur des stocks fragiles. Le raclage des fonds par les chaluts détruit par ailleurs les écosystèmes profonds. Reste aux Etats et au Parlement à adopter le texte.

www.sciencesetavenir.fr

## Explorer les « mines » des grands fonds

L'Ifremer a obtenu le 19 juillet de l'Autorité internationale des fonds marins (AIFM), créée en 2010, le premier permis d'explorer les sulfures polymétalliques. Il s'agit de véritables mines hydrothermales de cuivre, de zinc, d'argent ou d'or situées sur la dorsale volcanique médio-atlantique. Le permis porte sur 100 zones de 100 km² situées à 3400 m de profondeur en moyenne.

## Chiffre

## ▶ 460 MM DE PRÉCIPITATIONS

**C'est le record d'eau tombée le 21 juillet en seize heures sur Pékin (faisant 77 morts officiellement), quand la moyenne des précipitations dues à la même tempête sur l'ensemble de la Chine du Nord n'a été que de 215 mm. Simple hasard ? Pas sûr, estime Qiai Lin, directeur de la station météo de la mégalopole : cette différence pourrait être due aux perturbations atmosphériques provoquées par la chaleur émise par la ville et sa circulation.**

## Les mousses font comme les fleurs

Comme les plantes à fleurs, les mousses comptent sur les insectes pour se reproduire. Des chercheurs de l'université de Portland (Etats-Unis) ont en effet découvert que les collemboles, des microarthropodes vivant dans le sol, jouent un rôle très important pour leur fertilisation. Attirés par les odeurs des mousses femelles, ils véhiculent les spermatozoïdes des mousses mâles. Et cette « collaboration » serait plus ancienne que l'apparition des plantes à fleurs.

www.sciencesetavenir.fr

MARKHUS VARESUVO/BIOSPHOTO

Le traquet motteux parcourt en moyenne 14 500 km lors de sa migration.

ORNITHOLOGIE

# Le voyage le plus long

**Le traquet motteux** (*Œnanthe œnanthe*), un passereau d'à peine 25 grammes, migre tous les ans de l'Amérique vers l'Afrique et traverse donc l'Atlantique dans les deux sens. Jamais on n'avait repéré tel exploit auparavant. L'oiseau se reproduit dans la zone arctique d'Amérique du Nord et passe l'hiver en Afrique subsaharienne – l'équipe germano-canadienne qui le révèle a suivi les oiseaux à la trace tout au long des migrations grâce à des systèmes très perfectionnés de géolocalisation. Les traquets motteux de l'Alaska semblent préférer l'Afrique de l'Est tandis que les canadiens vont en Afrique de l'Ouest. Longueur moyenne du voyage : 14 500 kilomètres !

Les passereaux traversent d'une seule traite les 4000 kilomètres de l'océan Atlantique à la vitesse de 290 kilomètres par jour. Le voyage complet dure de un à trois mois, selon la météo et la saison (automne pour le départ vers l'Afrique, printemps pour le retour au Canada) et en fonction de la durée des étapes qu'il effectue pour se restaurer et se reposer. **L. C.**

DÉVELOPPEMENT DURABLE

# Energies renouvelables : la France recule

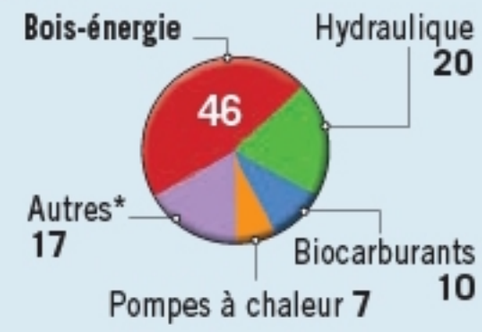
**En 2011, la production** française d'énergies renouvelables a reculé de 12,5 %, selon un rapport du Conseil général du développement durable publié en juillet. Ce décrochage d'une courbe ascendante depuis 2006 est la conséquence de la chute de 25 % de la production hydraulique par le double effet de la sécheresse et d'une évaporation intense. 2011 a en effet été l'année la plus chaude depuis 1900 avec une température annuelle moyenne de 1,3 °C supérieure à la température de référence calculée sur la période 1981-2010. Selon le Syndicat des énergies renouvelables (SER), la croissance de l'éolien, du photovoltaïque et de la biomasse est aujourd'hui trop faible pour que l'on atteigne l'objectif de 23 % de part de production d'énergie renouvelable en 2020 – elle est de 13 % aujourd'hui.

Ces conditions météorologiques exceptionnelles ont d'un autre côté permis à la France d'épargner 6,6 millions de tonnes d'équivalent pétrole en consommant moins pour se chauffer. Un gain insuffisant toutefois pour réduire la facture énergétique du pays qui, du fait de l'augmentation des prix du gaz et du pétrole, a atteint le niveau record de 61,4 milliards d'euros.

De quoi remotiver l'investissement dans les énergies renouvelables. Le 27 juillet, le gouvernement a débloqué 109 projets d'énergie solaire de 100 à 250 kW de puissance et 105 d'une puissance supérieure à 250 kW (soit, par exemple, la puissance obtenue en couvrant de panneaux solaires les toitures de bâtiments industriels ou agricoles). Cet investissement de près de un milliard d'euros ne suffira pas à sauver une industrie solaire française en perdition devant la concurrence chinoise (qui a accaparé 80 % du marché européen). Prochaine étape : la conférence environnementale des 14 et 15 septembre organisée par le gouvernement. **L. C.**

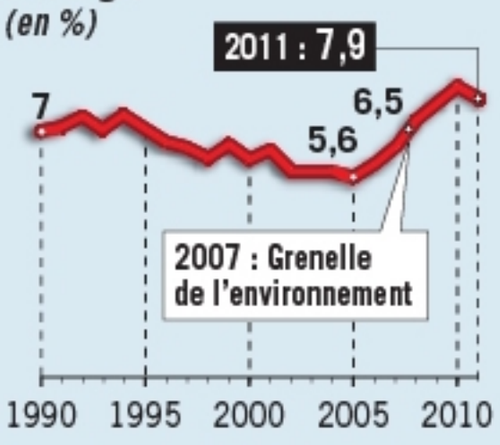
### Un décollage toujours difficile

**Part de chaque filière dans la production d'énergie renouvelable en 2011**
*(en %)*




* Déchets urbains renouvelables : **6,4**
Eolien : **5,4**
Biogaz : **1,8**
Résidus agricoles : **1,8**
Solaire thermique, PV : **1,2**
Géothermie : **0,5**.

**Part des énergies renouvelables dans la consommation totale d'énergie**
*(en %)*




En déclin de 1994 à 2006, la part des énergies renouvelables est repartie à la hausse jusqu'en 2010, avant de connaître un coup d'arrêt.

BETTY LAFON - SOURCE : COMMISSARIAT GÉNÉRAL AU DÉVELOPPEMENT DURABLE

MUSÉE DU **QUAI BRANLY**

là où dialoguent les cultures

# CHEVEUX CHÉRIS

## FRIVOLITÉS ET TROPHÉES

**Exposition**
**18/09/12 - 14/07/13**

**www.quaibranly.fr**

le Parisien · femina · Sciences Avenir · Paris Première · styles · GEO Ado · TROIS · aufeminin.com · France Inter

Fnac 0 892 684 694 (0,34 €/minute) www.fnac.com - Ticketnet 0 892 390 100 (0,34 €/minute) www.ticketnet.fr - Digitick 0 892 700 840 (0,34 €/minute) www.digitick.com

Tête réduite © musée du quai Branly, photo Cyril Zannettacci / Suzanne Cloutier © Ministère de la Culture - Médiathèque du Patrimoine, Dist. RMN, photo Sam Lévin

# REVUE DE PRESSE NATURE

par Loïc Chauveau

SCOTT OLSON GETTY IMAGES/AFP

Le manque d'eau aux Etats-Unis (ici, au Dakota du Nord) aura des répercussions mondiales.

ÉTATS-UNIS

## La sécheresse frappe le Midwest

**Les Américains** n'avaient jamais eu aussi chaud et soif : les six premiers mois de 2012 ont été les plus secs depuis 1956 et les plus chauds jamais enregistrés par la météorologie nationale, avec des températures supérieures de 1,8 °C à la moyenne. Le manque d'eau a un impact sur l'industrie et la production d'électricité. Et les conséquences dépasseront les frontières : c'est toute l'économie internationale qui sera touchée.

Premier exportateur de blé et de maïs (40 % de la production mondiale de cette céréale), les Etats-Unis ne pourront pas en 2012 exporter autant que les années précédentes, notamment en direction des pays en voie de développement. En réponse, ces derniers devront irriguer davantage leurs champs pour accroître les rendements, ce qui devrait provoquer des tensions sur l'alimentation en eau potable. Prudents, les scientifiques ne lient cependant pas cet épisode au réchauffement climatique.

**http://2doc.net/0bc7m**

### Le chiffre

**► 5**

**MILLIARDS DE DOLLARS**

Soit 4,1 milliards d'euros : c'est le montant de l'amende record infligée par le gouvernement nigérian à Shell pour une marée noire. Le 20 décembre 2011, du pétrole s'était déversé en masse dans le golfe du Niger en raison d'une fuite sur le champ de Bonga. A cette sanction administrative devrait s'ajouter l'indemnisation des riverains. Shell ne s'estime pas responsable de la pollution.

**http://w1p.fr/67515**

ESPAGNE

## Le roi perd sa couronne de président du WWF

La section espagnole de l'ONG de préservation de l'environnement a destitué le roi Juan Carlos, 74 ans, de son titre honorifique de président. Les militants sanctionnent ainsi le fait que le monarque a été pris en flagrant délit de chasse à l'éléphant au Botswana, en avril dernier. Généralement discret sur cette activité peu compatible avec les buts du WWF, Juan Carlos avait dû rendre public ce voyage d'agrément à la suite d'une fracture de la hanche qui avait entraîné un rapatriement d'urgence très médiatisé.

**http://2doc.net/1o845#**

NOUVELLE-ZÉLANDE

## Les plantes invasives font de la résistance

Pays d'herbages, la Nouvelle-Zélande doit faire face à l'afflux massif de plantes allochtones. Vingt nouveaux cas d'introduction sont constatés chaque année. Les plans d'éradication se révèlent très peu efficaces, selon des chercheurs du Département néozélandais de conservation. Sur 111 programmes, seulement quatre ont atteint leurs objectifs. Vingt et un se poursuivent de manière discontinue et les autres ont été abandonnés.

**http://m1p.fr/hz0**

NAMIBIE

## Découverte d'une gigantesque réserve d'eau

Un aquifère de 70 kilomètres sur 40 a été découvert dans le nord de la Namibie. Ce gigantesque réservoir devrait permettre au pays de sortir de pénuries récurrentes et, surtout, d'exploiter des terres trop arides. Pour l'heure, les hydrologues se pressent de mettre en place les mesures qui permettront d'équilibrer les prélèvements d'eau avec la recharge de la nappe par les pluies.

**http://2doc.net/xpdg6**

PAKISTAN

## Le markhor fait son retour

**La chèvre sauvage,** remarquable par la longueur de ses cornes, voit ses effectifs remonter. L'espèce a pourtant failli disparaître il y a vingt ans. C'est que le markhor est non seulement le mets favori des léopards des neiges et des loups, mais qu'il est aussi victime du braconnage et menacé par la destruction de son habitat. En 1994, il ne restait que 1500 individus. La Wildlife Conservation Society, une ONG spécialisée dans à la préservation de la nature, a formé des gardes chargés d'inciter les villageois des vallées himalayennes à cesser le braconnage et la destruction des milieux naturels. Une stratégie efficace : dans la région de Kargah, les effectifs sont passés de moins de 50 spécimens en 1991 à plus de 300 aujourd'hui.

**http://w1p.fr/67516**

CLAUDE BALCAEN/BIOSPHOTO

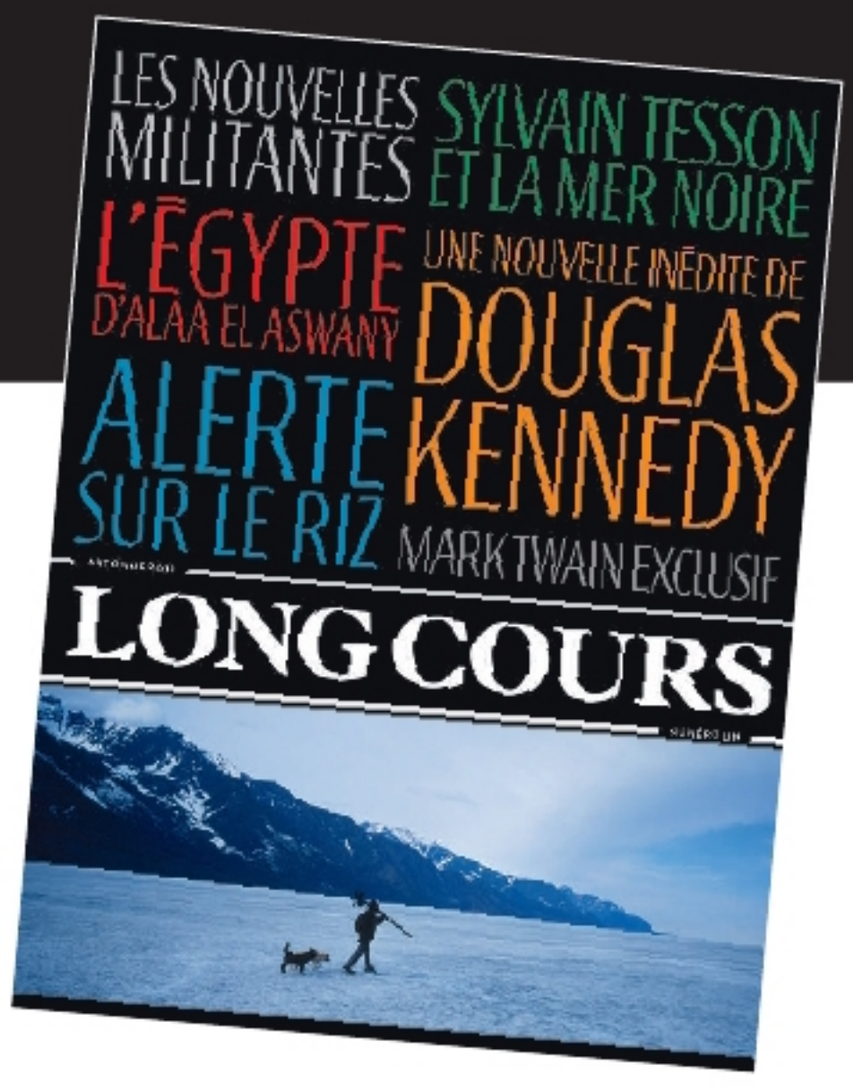
# LONG COURS

## REVUE TRIMESTRIELLE 196 PAGES

## Embarquez pour un voyage au long cours

D'hier à aujourd'hui, l'insatiable curiosité et l'esprit d'aventure ouvrent les espaces et explorent de nouveaux territoires. *Long Cours* donne la parole à ceux qui, écrivains, photographes, reporters, arpentent la planète à la recherche d'horizons inédits. Elle ouvre ses pages à ceux qui, chercheurs ou penseurs, réinventent le monde. Loin de la frénésie ambiante, ils prennent le temps de raconter.

Pour en savoir plus : www.revue-longcours.fr
Pour commander la revue : www.coteperso.com



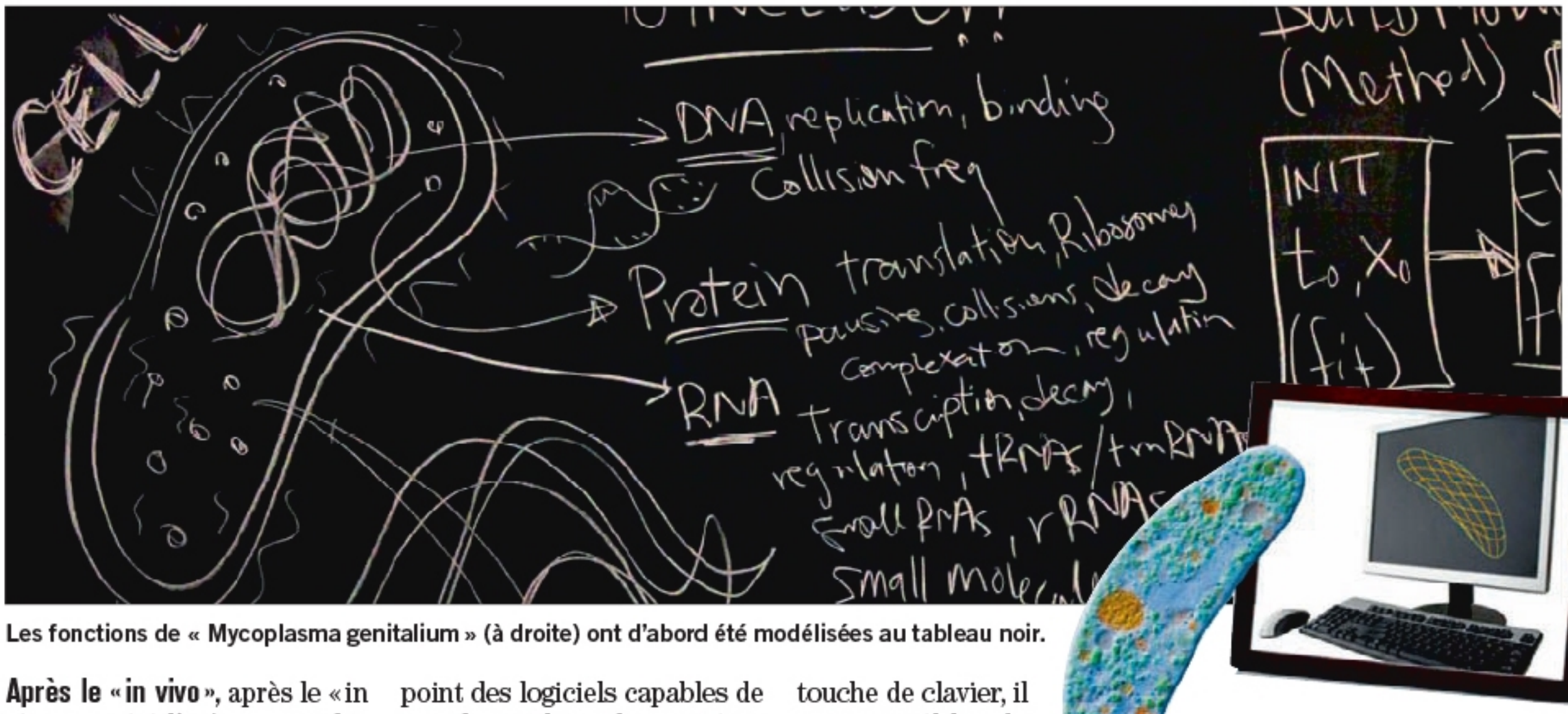

LE 16 AOÛT EN LIBRAIRIE

15 EUROS

BIO-INGÉNIERIE

# Une bactérie est née dans un ordinateur

*Pour la première fois, des chercheurs ont réussi à modéliser sur ordinateur la vie d'un organisme, en créant une copie quasi parfaite d'une bactérie.*




ERIK JAQOBSEN / COVERT LAB DAVIDORSTEIN

Les fonctions de « Mycoplasma genitalium » (à droite) ont d'abord été modélisées au tableau noir.

**Après le « in vivo »**, après le « in vitro », voici l'avènement des expériences biologiques « in silico », c'est-à-dire totalement numériques, réalisées uniquement avec des puces électroniques à base de silicium : pour la première fois, la vie d'un organisme a été modélisée sur un ordinateur. Cet avatar informatique est la copie (presque) parfaite d'un organisme bien vivant, la bactérie *Mycoplasma genitalium*. Celle-là même dont le génome avait été synthétisé intégralement, en 2008, par l'équipe du généticien Craig Venter – à laquelle appartiennent deux signataires de cette nouvelle étude.

L'équipe de Markus Covert, à l'université Stanford (Etats-Unis), a compilé 900 publications scientifiques sur *Mycoplasma genitalium* et mis au point des logiciels capables de prendre en charge les centaines d'interactions biologiques se déroulant dans une cellule. En tout, la bactérie numérique vit selon 1900 paramètres, divisés en 28 modules, chacun sous le contrôle d'un algorithme (tel que « réparation de l'ADN », « assemblage des ribosomes », « interaction avec l'hôte », etc.). D'une simple pression sur une touche de clavier, il est possible de modifier n'importe lequel de ces paramètres ou de supprimer un gène, puis de lancer la « simulation bactérienne » (qui dure 10 heures, soit le temps d'une division cellulaire) et d'observer le résultat.

Cette recherche préfigure une nouvelle manière d'étudier les interactions entre les différents processus biochimiques à l'intérieur d'une cellule et pourrait accélérer les découvertes sur le vivant. Signifie-t-elle pour autant la fin des longues manipulations sur la paillasse ? « *C'est un travail de qualité*, commente François Képès, directeur de recherche au Génopole d'Evry, *mais je ne pense pas qu'avec ce genre de modèles nous pourrons nous affranchir des expériences* in vivo. » Le chercheur note ainsi que le programme n'offre pas une simulation parfaite. Pour des prédictions concernant les gènes essentiels ou certaines fonctions métaboliques, l'équipe de Stanford n'obtient que 80 % de réussite. Mais le projet n'en est qu'à ses balbutiements. **Hervé Ratel**

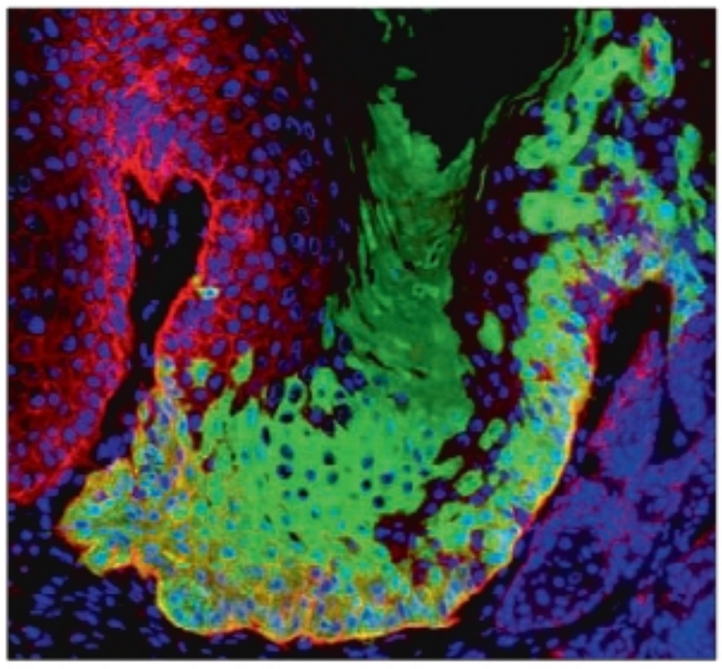
## REPÈRES

**Avec moins de 600 000 paires** de bases et 525 gènes, *Mycoplasma genitalium* est l'une des bactéries les plus rudimentaires. A titre de comparaison, le génome de l'autre star des laboratoires, *Escherichia coli*, comprend 4,6 millions de paires de bases et plus de 4000 gènes... Ce dénuement a un prix biologique : cette bactérie responsable de maladies sexuellement transmissibles et d'urétrites ne peut vivre de façon autonome et se comporte comme un parasite.

ONCOLOGIE

# Métastases : des cellules souches impliquées

**C'est une étape** très importante dans la compréhension de la formation des cancers qui vient d'être franchie. Trois études indépendantes, publiées dans les revues *Nature* et *Science*, accusent de concert un même responsable dans la genèse de la croissance tumorale : les cellules souches cancéreuses (CSC). Celles-ci seraient non seulement à l'origine de la croissance d'une tumeur mais permettraient aussi d'expliquer l'apparition de métastases. Autrement dit, la survie passée inaperçue de quelques cellules malignes pourrait à elle seule entraîner une résurgence d'un cancer.


ULB

Tumeur avec cellules cancéreuses (en vert).

Les trois études, menées chez la souris, ont permis d'identifier des cellules souches cancéreuses dans des tissus tumoraux de l'intestin, du cerveau et de la peau. Trois preuves qui valident l'existence – hypothétique jusque-là et très controversée – des CSC. Les chercheurs supposent que de telles cellules seront découvertes dans tous les types de tumeurs.

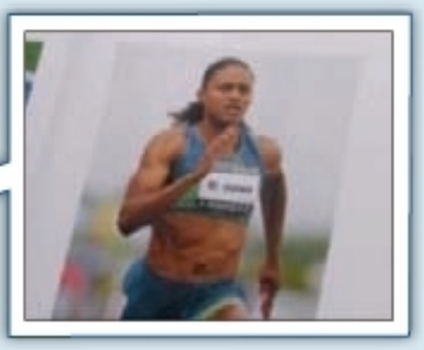
Les perspectives sont immenses : si l'on parvenait à bloquer la prolifération de ces cellules, on bloquerait *de facto* le développement des tumeurs. Surtout, l'enjeu ultime sera de prévenir métastases et récidives en s'assurant, quelle que soit la stratégie thérapeutique (chirurgie, rayonnements, chimiothérapie) retenue, que l'on débarrasse le patient de ces cellules cancéreuses particulières.

Avant cela, les chercheurs doivent mettre au point des techniques pour cibler facilement les CSC. Car en les identifiant, ils se sont aussi aperçus qu'elles présentent un défaut de taille : elles ressemblent beaucoup aux cellules souches saines qui permettent aux tissus humains de se régénérer. Un traitement insuffisamment ciblé risquerait donc d'éliminer les deux. **S.R.-M.**

## A lire ce mois-ci sur notre site

## www.sciencesetavenir.fr

**Mars**
Tout ce qu'il faut savoir sur l'odyssée de Curiosity, le « rover » de la Nasa qui a atterri sur la planète rouge le 6 août.



**Vidéo**
A l'occasion des JO, un entretien au sujet des tests de féminité dans les compétitions sportives.

**Infographie**
Comment le sida infecte-t-il l'organisme? Une infographie animée de « Sciences et Avenir ».

## Antidépresseur et antiviral

Le Prozac, le plus célèbre des antidépresseurs, a des propriétés antivirales. Des chercheurs de l'université de Californie viennent de montrer que sa molécule, la fluoxétine, est un puissant inhibiteur de la réplication du coxsackie – un entérovirus proche de celui de la poliomyélite.

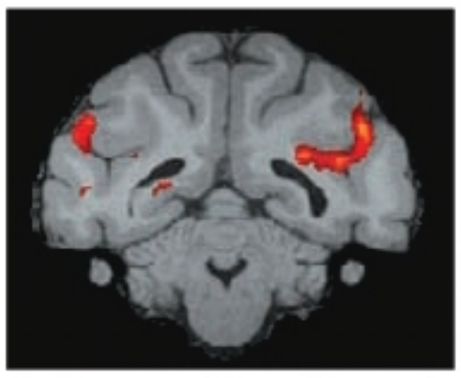
## Sur le Web

### ► SE SOUVENIR DES CATASTROPHES

**Pour ne pas oublier et augmenter la résilience des générations futures, un concours va être lancé à la rentrée en France dans le cadre du projet Memo'Risks. Les élèves devront retrouver la mémoire des événements liés à leur commune. Les témoignages seront mis en ligne sur le site de l'Institut pour l'histoire et la mémoire des catastrophes.**

www.memorisks.org
www.memoiredes catastrophes.org

## Des singes contrôlés par la lumière


WIM VANDUFFEL

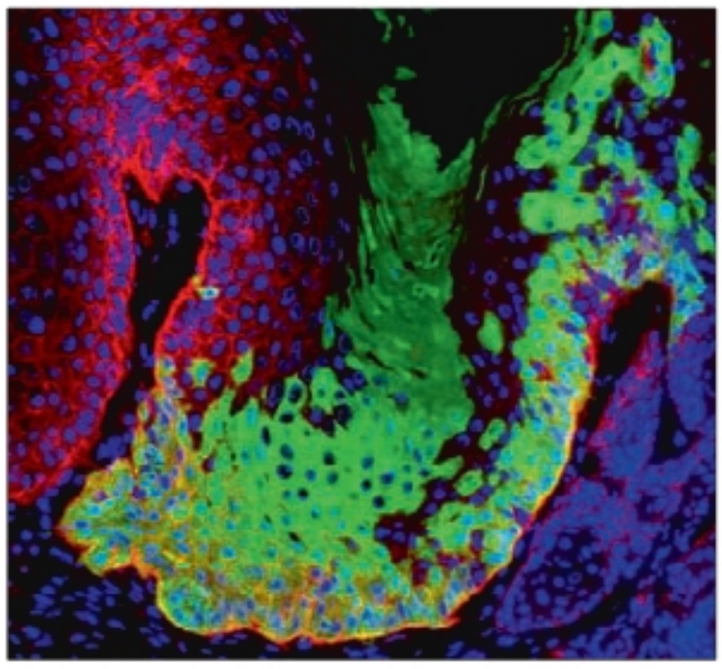
Après la mouche et la souris, le singe. Des chercheurs de l'Hôpital général du Massachusetts ont appliqué à cet animal une technique récente, l'optogénétique, qui permet de modifier les mouvements oculaires. Le principe : implanter dans les neurones des protéines d'algues unicellulaires sensibles à la lumière, qui sont capables d'activer ou d'inhiber les cellules dans lesquelles elles se trouvent.

www.sciencesetavenir.fr

ONCOLOGIE

# Métastases : des cellules souches impliquées

**C'est une étape** très importante dans la compréhension de la formation des cancers qui vient d'être franchie. Trois études indépendantes, publiées dans les revues *Nature* et *Science*, accusent de concert un même responsable dans la genèse de la croissance tumorale : les cellules souches cancéreuses (CSC). Celles-ci seraient non seulement à l'origine de la croissance d'une tumeur mais permettraient aussi d'expliquer l'apparition de métastases. Autrement dit, la survie passée inaperçue de quelques cellules malignes pourrait à elle seule entraîner une résurgence d'un cancer.


ULB

Tumeur avec cellules cancéreuses (en vert).

Les trois études, menées chez la souris, ont permis d'identifier des cellules souches cancéreuses dans des tissus tumoraux de l'intestin, du cerveau et de la peau. Trois preuves qui valident l'existence – hypothétique jusque-là et très controversée – des CSC. Les chercheurs supposent que de telles cellules seront découvertes dans tous les types de tumeurs.

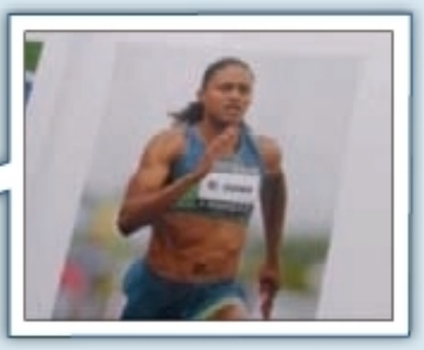
Les perspectives sont immenses : si l'on parvenait à bloquer la prolifération de ces cellules, on bloquerait *de facto* le développement des tumeurs. Surtout, l'enjeu ultime sera de prévenir métastases et récidives en s'assurant, quelle que soit la stratégie thérapeutique (chirurgie, rayonnements, chimiothérapie) retenue, que l'on débarrasse le patient de ces cellules cancéreuses particulières.

Avant cela, les chercheurs doivent mettre au point des techniques pour cibler facilement les CSC. Car en les identifiant, ils se sont aussi aperçus qu'elles présentent un défaut de taille : elles ressemblent beaucoup aux cellules souches saines qui permettent aux tissus humains de se régénérer. Un traitement insuffisamment ciblé risquerait donc d'éliminer les deux. **S.R.-M.**

## A lire ce mois-ci sur notre site

## www.sciencesetavenir.fr

**Mars**
Tout ce qu'il faut savoir sur l'odyssée de Curiosity, le « rover » de la Nasa qui a atterri sur la planète rouge le 6 août.



**Vidéo**
A l'occasion des JO, un entretien au sujet des tests de féminité dans les compétitions sportives.

**Infographie**
Comment le sida infecte-t-il l'organisme? Une infographie animée de « Sciences et Avenir ».

## Antidépresseur et antiviral

Le Prozac, le plus célèbre des antidépresseurs, a des propriétés antivirales. Des chercheurs de l'université de Californie viennent de montrer que sa molécule, la fluoxétine, est un puissant inhibiteur de la réplication du coxsackie – un entérovirus proche de celui de la poliomyélite.

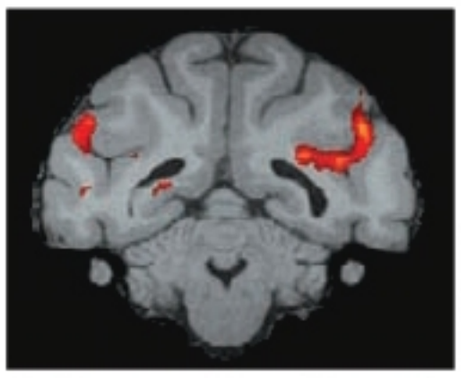
## Sur le Web

### ► SE SOUVENIR DES CATASTROPHES

**Pour ne pas oublier et augmenter la résilience des générations futures, un concours va être lancé à la rentrée en France dans le cadre du projet Memo'Risks. Les élèves devront retrouver la mémoire des événements liés à leur commune. Les témoignages seront mis en ligne sur le site de l'Institut pour l'histoire et la mémoire des catastrophes.**

www.memorisks.org
www.memoiredes catastrophes.org

## Des singes contrôlés par la lumière


WIM VANDUFFEL

Après la mouche et la souris, le singe. Des chercheurs de l'Hôpital général du Massachusetts ont appliqué à cet animal une technique récente, l'optogénétique, qui permet de modifier les mouvements oculaires. Le principe : implanter dans les neurones des protéines d'algues unicellulaires sensibles à la lumière, qui sont capables d'activer ou d'inhiber les cellules dans lesquelles elles se trouvent.

www.sciencesetavenir.fr

QUESTIONS À... **CHRISTINE ROUZIOUX,** professeur de virologie de l'Université Paris-Descartes au CHU de Necker à Paris

# « Des molécules pour éliminer de l'organisme le virus du sida »

DR

**Des chimistes** de Stanford (Etats-Unis) ont découvert des molécules forçant le VIH caché dans les cellules à s'exprimer. En réveillant le virus, les médecins pourraient donner au système immunitaire la possibilité de l'éliminer de l'organisme. Espoir qualifié de « réaliste » par Françoise Barré-Sinoussi, prix Nobel 2008 et codécouvreur du VIH, lors de la conférence internationale sur le sida de juillet dernier, à Washington.

**Quel est l'intérêt de ces molécules?**
Ces substances, baptisées « bryologues » dans la revue *Nature Chemistry*, faciles à produire et probablement peu toxiques, auraient des avantages décisifs par rapport aux autres molécules ayant cette propriété sur le VIH. Notamment à la bryostatine, qui suscite l'intérêt pour son action contre le cancer et la maladie d'Alzheimer.

**Actuellement, une dizaine d'essais cliniques français et américains tentent d'activer la réplication virale : quel est l'objectif?**
Le VIH dont le génome s'est intégré à l'ADN de certaines cellules du système immunitaire peut y rester silencieux durant des années. Le virus est alors à l'abri des traitements antirétroviraux classiques. Or, tant qu'il y a des cellules capables de produire du virus, il faut maintenir ces traitements. A vie, donc. C'est pourquoi on veut cibler le virus et éradiquer l'infection.

**Un espoir pour tous les patients traités?**
Il ne serait pas conforme à l'éthique d'administrer des substances toxiques à des patients qui se portent plutôt bien et qui ont une grande espérance de vie. Ce qui est le cas de la majorité des personnes traitées.
Ensuite, avant de réveiller le virus, il faut s'assurer que le système immunitaire de l'organisme sera suffisamment fort pour l'affronter. Ce genre de traitement devrait donc concerner dans un premier temps des patients aux premiers stades de l'infection, qui n'ont encore jamais perdu leurs capacités immunitaires du fait de l'action du virus.

**Propos recueillis par P. K.**

## L'oiseau aussi apprend à « parler »

Lorsqu'un passereau mâle apprend le chant de son père, certaines zones de son hémisphère gauche s'activent, révèle une étude d'ornithologues de l'université d'Utrecht (Pays-Bas). Elles semblent être l'équivalent de l'aire de Wernicke, essentielle dans le développement du langage chez les humains.

## Plus de cheveux, moins de libido

Prescrit contre la chute des cheveux, le Propecia provoque des troubles de la sexualité chez 2 % des patients.
Les troubles persistent après l'arrêt du traitement : selon une étude publiée dans le *Journal of Sexual Medicine,* 96 % des malades suivis en souffraient encore 24 mois après cet arrêt.

www.sciencesetavenir.fr

EPIDÉMIOLOGIE

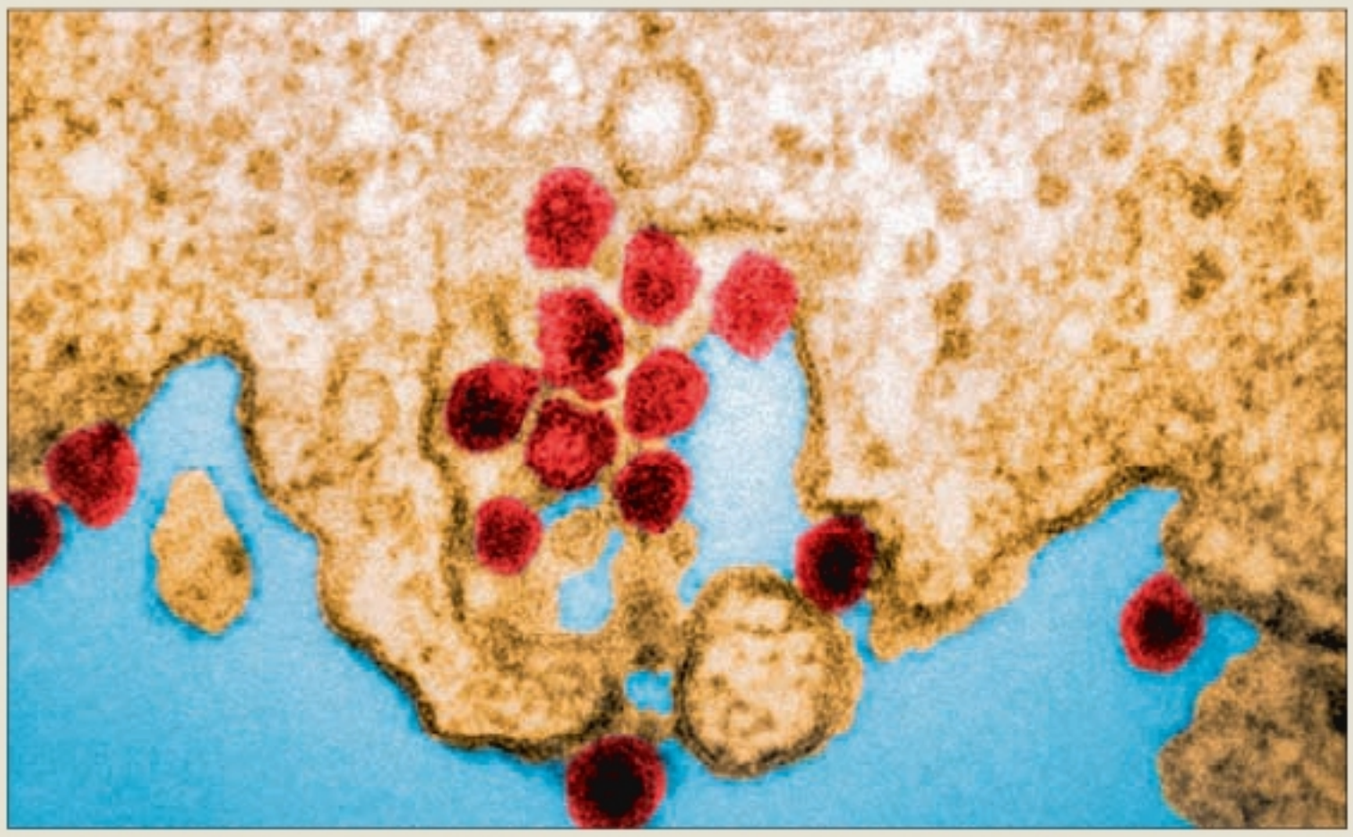
# L'espèce humaine malade des animaux

**Près de 60 % des maladies** infectieuses affectant les humains sont transmises par les animaux, nous apprend un rapport de chercheurs anglo-saxons commandé par le Département britannique pour le développement. La proportion grimpe à 75 % dans le cas des maladies récemment apparues, tels le sida, le Sras ou la grippe aviaire.
La plupart des maladies proviennent des 24 milliards d'animaux domestiques qui peuplent la planète. Les porcs, les poulets ou les vaches seraient ainsi responsables de 2,5 milliards de cas d'infections et de 2,7 millions de décès par an.
Le fardeau que représentent ces maladies transmises par les animaux n'est pas le même pour tous les humains. Une cartographie des foyers d'infection a révélé 20 « points chauds » dans le monde. En tête de liste, l'Inde, le Bangladesh et le Pakistan pour l'Asie, l'Ethiopie et le Niger pour l'Afrique. On trouve aussi des « points chauds » dans les pays industrialisés qui pratiquent l'élevage à grande échelle : dans le nord-est des Etats-Unis, en Europe de l'Ouest ou au Brésil. Dans ces zones apparaissent de nouveaux agents pathogènes, plus virulents et résistants aux traitements. Depuis huit ans, les chercheurs ont recensé 34 cas de maladies nouvelles liées aux animaux. Ils prévoient l'apparition d'une douzaine de nouveaux pathogènes à l'horizon 2020.

**E. L.**

# REVUE DE PRESSE SANTÉ

par le Dr Pierre Miquel



SPL/PHANIE

Plus de la moitié des malades atteints de chikungunya ont des séquelles (ici, en rouge, le virus).

RHUMATOLOGIE

## Il faut suivre les malades du chikungunya

**Le chikungunya** est une maladie infectieuse tropicale due à un arbovirus, transmis par des moustiques du genre *Aedes*. Cette « maladie de l'homme courbé » se caractérise par des troubles digestifs et des courbatures fébriles douloureuses, associés à une éruption cutanée évoquant la rougeole. Une étude portant sur près de 400 cas diagnostiqués en France par la sérologie a montré que les femmes sont plus souvent touchées que les hommes (53,5 %), généralement vers 50 ans. Surtout, les tests d'évaluation de l'état fonctionnel articulaire et de la qualité de vie des patients montrent que plus de 50 % des sujets ne se considèrent pas guéris un à deux ans après la survenue des premiers symptômes, et que la durée de l'ensemble de ceux-ci est d'autant plus longue que la maladie se déclare tardivement et que la phase initiale se prolonge. Le risque de rechutes après guérison apparente est de 72 %, avec un nombre allant de 1 à 20 (4 en moyenne). Un suivi prolongé des personnes atteintes est donc indispensable.

**Rheumatology, juillet 2012.**

### Le chiffre

**► 59 %**

C'est le pourcentage de personnes atteintes de psoriasis modéré à sévère ayant au moins deux facteurs de risque cardiovasculaire associés et non détectés, selon l'analyse d'essais thérapeutiques chez 3000 patients. On sait que le risque cardiovasculaire augmente en cas de psoriasis, sans doute à cause de l'inflammation. Pourtant, 18 % des diabétiques, 24 % des hypertendus et 19 % des sujets atteints de cholestérol n'avaient pas eu de diagnostic à l'entrée dans ces essais.

**Journal of American Academy of Dermatology, juillet 2012.**

PNEUMOLOGIE

## Les femmes davantage touchées par l'asthme non allergique

Etre une femme est un facteur de risque pour l'asthme non allergique. Telle est la conclusion d'une enquête conduite sur 9000 hommes et femmes, suivis pendant huit à dix ans. L'asthme touche davantage les femmes à partir de 35 ans. Cette différence, d'environ 20 %, concerne l'asthme dit intrinsèque, qui se caractérise par des tests négatifs pour les aéro-allergènes. Les hormones mâles auraient-elles un effet protecteur?

**Thorax, juillet 2012.**

MALADIES RARES

## Langue brûlante : la stimulation salivaire est bénéfique

Brûlures et démangeaisons de la langue, perturbations du goût... Le syndrome de la langue brûlante, ou glossodynie, s'observe dans un contexte anxieux, surtout chez la femme ménopausée. En mâchant un chewing-gum en silicone inodore et sans saveur dix minutes trois fois par jour pendant trois mois, on peut diminuer de 57 % la fréquence des symptômes, probablement grâce à une réduction des protéines salivaires.

**Headache, juin 2012.**

OPHTALMOLOGIE

## L'apnée du sommeil favorise le syndrome des paupières flasques

Le syndrome des paupières flasques se caractérise par une hyperlaxité des paupières associée à une conjonctivite, plutôt du côté où le sujet s'endort. Or, comme le démontre une étude française sur 130 sujets âgés de 25 à 75 ans, il est plus fréquent en cas de troubles respiratoires nocturnes comme l'apnée obstructive du sommeil. Lorsque la diminution du flux respiratoire est sévère, le risque est augmenté de 40 %. Des anomalies de l'élasticité cellulaire des paupières et des voies aériennes supérieures pourraient expliquer l'association de ces troubles.

**Journal of Sleep Research, juin 2012.**

NEUROLOGIE

## Plus de soleil, moins de sclérose en plaques

**Maladie chronique** du système nerveux central, la sclérose en plaques (SEP) résulte de la conjonction d'une multitude de facteurs génétiques et environnementaux. Parmi ces derniers, la faible exposition aux ultraviolets (UV) est à nouveau suspectée comme facteur favorisant. Une enquête suédoise a suivi plus de 2200 personnes pendant cinq ans. Comparativement aux sujets s'exposant le plus à ces UV, ceux qui rapportent avoir la plus faible exposition ont un risque de survenue de SEP deux fois plus important. Cette corrélation est indépendante de la carence en vitamine D, même si cette carence augmente elle aussi le risque de SEP de 40 %. L'exposition au soleil protègerait donc de la SEP par d'autres biais que la vitamine D.

**European Journal of Neurology, juillet 2012.**

SIPA

# OFFRE EXCEPTIONNELLE POUR LES LECTEURS DE SCIENCES ET AVENIR

LES MONTRES
# Arpeggio

COLLECTION Lip CLASSICS

## LE CLASSIQUE RÉINVENTÉ

Audace, pureté des lignes, noblesse des matériaux caractérisent la montre Arpeggio, dernière-née de la collection Lip CLASSICS

*Mouvement à Quartz 3 aiguilles.*
*Bracelet en cuir de vachette cognac grainé façon croco avec sur piqûres de coton blanc.*

**POUR ELLE**
*Dim. : 22 x 30 cm*
Réf.: T194-11419

**POUR LUI**
*Dim. : 30 x 43 cm*
Réf.: T194-11418

CHAQUE MONTRE
AU PRIX EXCEPTIONNEL DE
29€
SEULEMENT
Éco-participation 0,01€ inclus

FRAIS D'ENVOI OFFERTS

*UN CADEAU RAFFINÉ À LUI OFFRIR*

POUR COMMANDER : L'OBJET DU MOIS 01.40.26.86.10 www.objetdumois.com

L'OBJET du mois
www.objetdumois.com

## BON DE COMMANDE

A renvoyer avec votre règlement sous l'enveloppe affranchie à : L'OBJET DU MOIS - 18, rue Couste - 94230 CACHAN

| Référence | Qté | Prix | TOTAL |
|---|---|---|---|
| La montre Arpeggio *Modèle Femme* | T194-11419 | | 29€ | € |
| La montre Arpeggio *Modèle Homme* | T194-11418 | | 29€ | € |
| FRAIS D'ENVOI | | | ~~6,90€~~ | OFFERTS |
| *Cochez la ou les cases correspondant à votre choix* | **TOTAL DE MA COMMANDE** | | | € |

• Délai de livraison : 2 semaines • Offre valable en France métropolitaine • Dom-Tom et étranger : nous consulter.

RÈGLEMENT

❑ Je règle par CHÈQUE à l'ordre de : l'Objet du Mois

❑ Je règle par CARTE BANCAIRE

N° : |_|_|_|_| |_|_|_|_| |_|_|_|_| |_|_|_|_|

Notez les 3 chiffres du cryptogramme au dos de votre carte : |_|_|_|

Date d'expiration : |_|_|_|_|

Signature obligatoire :

ADRESSE DE LIVRAISON

Nom : _____ Prénom : _____

Adresse : _____

Code Postal : |_|_|_|_|_| Ville : _____

En indiquant mon adresse email ci-dessous, je serai informé(e) des offres commerciales de l'Objet du Mois et de ses partenaires :

_____ @ _____

S787A-BB
E1

*Conformément à la loi Informatique et Libertés du 06/01/1978, vous disposez d'un droit d'accès et de rectification aux données vous concernant.*

# Le grignotage est-il vraiment

*Les Français se laissent de plus en plus tenter par le «snacking», le grignotage entre les repas. Un comportement alimentaire à adopter avec modération sous peine d'addiction.*

BERNARD MARTINEZ POUR SCIENCES ET AVENIR

**Une glace par-ci,** un biscuit par-là, une poignée de cacahuètes, un soda… Peu de personnes résistent à la tentation du grignotage. En France, nous serions 61 % d'adultes à manger entre les repas de manière occasionnelle ou régulière (1). Ce fractionnement des repas a été largement favorisé ces dernières années par les nouvelles façons de se nourrir induites par la multiplication des points de vente de restauration rapide. Certains y voient une menace contre le fameux dogme, très largement partagé par les nutritionnistes, selon lequel seule la prise alimentaire en trois repas par jour est garante de l'équilibre alimentaire. « *La "crise des rythmes alimentaires", la déstructuration des repas, autant de thèses qui ont vu le jour au début des années 1980,* explique Nicolas Larchet, doctorant en sociologie des pratiques alimentaires à l'Ecole des hautes études en sciences sociales. *A l'image de ce qui s'est produit aux Etats-Unis, le repas "traditionnel", c'est-à-dire pris en commun autour d'une table, serait en train de régresser en Europe et en France. Et ce, au profit du fractionnement des prises alimentaires, et surtout de leur individualisation.* » Les études du Centre de recherche pour l'étude et l'observation des conditions de vie (Crédoc) incitent cependant à la nuance. Elles montrent en effet que pour 90 % des Français, la vie quotidienne reste rythmée par le petit déjeuner, le déjeuner et le dîner, et que 80 % de leurs repas sont partagés avec au moins une autre personne (famille, amis ou collègues) (2). Il n'empêche : le grignotage est un plaisir dont il faut user avec maîtrise… sous peine d'en faire une addiction.

## 65 % des femmes

**seraient des grignoteuses régulières, contre 57 % des hommes selon l'étude Nutrinet-santé lancée par l'Unité de recherche en épidémiologie nutritionnelle (U557 Inserm/Inra/Cnam/université Paris-XIII). Chez celles-ci, l'apport calorique provient des produits gras et sucrés comme les viennoiseries (44,3 %) et des fruits (11,9 %). Les hommes privilégient les boissons caloriques (sucrées : 10,3 % ou alcoolisées : 21,2 %), les produits gras et sucrés (30,7 %) et, dans une moindre mesure, les fruits (7,8 %).**

**Bien maîtrisé, le grignotage n'est pas à proscrire absolument.** A condition que l'apport calorique induit, s'ajoutant à celui des repas classiques, ne dépasse pas les besoins énergétiques quotidiens de l'individu. En effet, même si la quantité de calories nécessaires chaque jour à l'organisme dépend de nombreux facteurs (sexe, âge, taille, poids, activité physique…), la ration doit demeurer stable pour maintenir l'équilibre alimentaire. L'apport énergétique conseillé est en moyenne de 2400 à 2600 kilocalories (kcal) par jour pour un homme adulte et de 1800 à 2200 kcal pour une femme

# mauvais pour la santé ?

adulte. Chez l'enfant, les apports énergétiques moyens conseillés vont de 1000 kcal par jour pour un enfant de 2 ans à 3200 pour un adolescent très actif (3). Or, selon les résultats de l'étude Nutrinet sur la pratique du grignotage chez des internautes français volontaires, parue en 2011, le grignotage occasionnel représente 273 kilocalories par jour, soit 13,3 % de l'apport énergétique total. Chez les grignoteurs réguliers, cela représente même 484 kcal, soit 22,4 % de l'apport total. Avant de se jeter sur les cacahuètes, mieux vaut donc faire un rapide calcul mental des calories que cela représente en fonction du repas qui suit ! Cependant, si, à ce jour, aucune étude ne montre que les déséquilibres de l'alimentation trouvent leur source dans la déstructuration des repas, mieux vaut rester prudent. Selon Serge Hercberg, professeur de nutrition à la faculté de médecine Paris-XIII et responsable de Nutrinet, *« de nombreux travaux scientifiques suggèrent une relation entre la structuration des prises alimentaires et la qualité nutritionnelle des aliments, et par conséquent le risque d'obésité et de maladies chroniques »*.

**DAMIEN GALTIER** Diététicien, coordinateur de Romdes (Réseau d'obésité multidisciplinaire d'Essonne et Seine-et-Marne)

## Des calories en plus

“Il faut distinguer la faim de l'envie de manger, qui peut combler un manque affectif. Lorsqu'il s'agit d'une faim physiologique, le grignotage ne constitue pas forcément un danger pour l'équilibre alimentaire, à condition qu'il ne se surajoute pas à des repas comblant déjà les besoins caloriques. La question que devrait se poser une personne sujette au grignotage n'est pas : “que manger lorsque je grignote ?”, mais : “qu'est-ce que j'ai mangé avant de grignoter ?”, afin d'améliorer les repas ou d'introduire une collation qui vienne les compléter.”

**L'appétence va en premier lieu vers le sucre,** hautement calorique et d'autant plus défavorable à l'équilibre alimentaire qu'une forte augmentation de son taux dans le sang provoque une décharge d'insuline sécrétée par le pancréas afin de faire baisser la glycémie. Celle-ci s'effondre alors, entraînant rapidement une sensation rebond de faim. L'attirance pour le sucré semble innée, l'imagerie médicale ayant permis de constater que le fœtus réagit positivement au goût sucré du liquide amniotique lorsque la mère est placée sous perfusion de glucose (4). Deux mécanismes semblent expliquer cet attrait : les caractéristiques nutritives du sucre et ses effets psycho-modulateurs (5). Il s'agit en effet d'une substance riche en énergie, utile notamment à la croissance et au fonctionnement du cerveau. Mais l'attirance pour le sucre serait également liée à sa capacité d'activer les circuits neuronaux de la récompense et de la motivation. Le goût sucré stimule la sécrétion de dopamine par les neurones du tronc cérébral, ce qui se traduit par une augmentation de ce neurotransmetteur dans le striatum ventral, centre cérébral de la motivation, provoquant la sensation de plaisir.

**Les aliments gras et sucrés pourraient provoquer des comportements addictifs.** Selon des travaux américains, l'association des lipides au sucre décuplerait l'activation de la voie dopaminergique du plaisir (6) et pourrait mener à des comportements addictifs et de dépendance (7). Des effets assez similaires à ceux provoquées par les drogues dures ont été observés chez des rats soumis à un régime gras et sucré. La surconsommation de ces aliments provoque en effet une diminution des récepteurs à dopamine et une désensibilisation des circuits de la récompense, ce qui pousse à consommer encore plus d'aliments gras pour compenser ces déséquilibres. Ce phénomène d'attirance et de dépendance serait renforcé chez l'homme par les signaux psychologiques de rappel : publicité pour le produit, lieu de consommation, habitudes appelant aux grignotages, etc. Au bout du compte, le grignotage peut se transformer en une dangereuse addiction.

### LEXIQUE

**NEUROTRANSMETTEUR :** substance fabriquée par l'organisme qui permet la transmission d'un message d'un neurone à un autre ou à une cellule d'un type différent.

**DOPAMINE :** neurotransmetteur qui intervient dans les circuits neuronaux de l'appétence et du plaisir, mais aussi dans la coordination des mouvements. Son déficit est impliqué dans la maladie de Parkinson.

**TRONC CÉRÉBRAL :** partie du système nerveux située sous le cerveau, dans le prolongement de la moelle épinière.

(1) Pr Serge Hercberg, Unité de recherche en épidémiologie nutritionnelle, étude Nutrinet-santé : Rythmes alimentaires et impact du grignotage sur l'équilibre nutritionnel, mai 2011. (2) Tavoularis, G. et Mathé, T., « Le modèle alimentaire français contribue à limiter le risque d'obésité », Crédoc, Consommation et modes de vie, n° 232, septembre 2010. (3) Collectif, Le Guide de l'alimentation équilibrée, Vidal, 2008. (4) El-Haddad M.A. et al., « In utero development of fetal thirst and appetite: potential for programming », J. Soc. Gynecol, Investig., 2004. (5) Menella J.A. et al., « Genetic and environmental determinants of bitter perception and sweet preferences », Pediatrics, 2005. (6) David Kessler, The End of Overeating: Taking Control of the Insatiable American Appetite, Penguin Books, 2009. (7) Johnson P. & Kenny P.J., « Dopamine D2 receptors in addiction-like reward dysfunction and compulsive eating in obese rats », Nature Neuroscience, 13(5):635-41, 2010.

Rencontre

## CÉDRIC VILLANI, mathématicien

# “La mathématique peut déchaîner les passions”

*A l'occasion de la sortie de son livre « Théorème vivant », le lauréat de la médaille Fields 2010 rappelle à quel point cette discipline est d'une déraisonnable efficacité.*

**CÉDRIC VILLANI,** 38 ans, médaille Fields 2010 de mathématiques, est directeur de l'Institut Henri-Poincaré, à Paris, et professeur à l'université Claude-Bernard de Lyon. Il est lauréat de plusieurs prix : European Mathematical Society, en 2008, et prix Fermat, en 2009. Il a en outre enseigné aux Etats-Unis, notamment à l'Institute for Advanced Study (Princeton, New Jersey). *Théorème vivant* est son premier livre destiné à un public de non-spécialistes.

**Découvrez des extraits de « Théorème vivant » pp. 44-45.**

**Vous avez déclaré dans une conférence internationale restée célèbre (1) que la France n'est pas seulement le pays du bon vin, mais aussi la patrie des mathématiques. Sont-elles vraiment une « spécialité » française?**

Bien sûr ! Paris abrite la plus forte concentration de mathématiciens du globe. Pas moins de mille, soit le quart des effectifs français. Et partout en régions, on trouve des centres de première force : je suis moi-même un « produit » du milieu mathématique lyonnais… Cette exception française repose sur deux ingrédients : des institutions solides, qui permettent la détection et l'épanouissement des talents, et une culture qui apporte du sens. Cela dure sans doute depuis l'alliance entre science et politique tissée par Colbert, sous le règne de Louis XIV, il y a plus de quatre siècles. Nous devons à ce ministre éclairé quelques grandes institutions scientifiques comme l'Académie des sciences (1666), l'observatoire de Paris (1667), et une tradition d'accueil des scientifiques étrangers : par exemple, à l'Observatoire, on a fait venir l'Italien Cassini et le Néerlandais Huygens…

Au siècle suivant, celui des lumières, les sciences mathématiques irriguent toute la société intellectuelle française : rappelons que les Encyclopédistes étaient des philosophes, mais aussi des mathématiciens. Et lorsqu'Emilie du Châtelet, célèbre femme de science, traduit les *Principia*, le chef-d'œuvre d'Isaac Newton, c'est Voltaire qui en signe la préface. Imagine-t-on aujourd'hui un ouvrage de mathématiques préfacé par un homme de lettres? Il est d'ailleurs amusant de souligner qu'à l'époque, les philosophes étaient bien plus rationnels que certains des plus grands scientifiques : le rationalisme de Voltaire s'oppose au mysticisme de Newton et de Johannes Kepler. Par la suite, Napoléon – encore un « matheux », ce que l'on ignore souvent – fait former de nombreux ingénieurs à l'Ecole polytechnique, fondée en 1794.

Bref, que l'on remonte l'histoire de la France depuis plusieurs siècles, et l'on retrouvera ce dosage de traditions culturelles et d'institutions scientifiques qui fait encore sa force aujourd'hui. Une menace inattendue plane cependant sur cet héritage : la crise des vocations… Aujourd'hui, c'est au niveau des collèges et lycées qu'il faut agir pour enrayer ce péril.

**Pourtant, dans le système scolaire français, la sélection et l'exclusion se font avant tout par les mathématiques…**

Je ne suis guère d'accord avec cette affirmation, très souvent entendue. Les maths ne sont plus vraiment un instrument de sélection. Leur statut a lourdement chuté dans les dernières décennies : programmes en baisse, horaires réduits, abandon progressif des exigences intellectuelles… Les enseignants, pivot du système éducatif, sont déboussolés par les consignes contradictoires, le manque de solidarité, la lourdeur de la hiérarchie. Les programmes sont réalisés de manière obscure, critiqués par l'Académie et les sociétés savantes. De toute façon, on se focalise certainement trop sur eux, alors que dans la transmission du savoir, c'est la personnalité du professeur qui est décisive – et la dynamique de l'établissement, que l'on sous-estime, alors que l'enseignement est un travail d'équipe.

Les comparaisons internationales suggèrent que pour bien fonctionner, un système éducatif doit accorder une marge de manœuvre aux enseignants et les laisser élaborer, en concertation avec leurs collègues, leur propre méthode pédagogique *(lire aussi p. 98)*. Parmi les reproches plus culturels que l'on peut faire au système français, il y a certainement une trop grande habitude de la sanction. Par exemple, le redoublement, identifié comme une mesure inefficace, est très ancré et difficile à balayer d'un revers de main. N'oublions pas cependant les atouts du modèle français, à commencer par la pluralité des systèmes d'enseignement supérieur : entre le réseau des grandes écoles et l'université, chacun peut trouver sa voie.

**Aujourd'hui, l'université est dévalorisée sur le marché de l'emploi. Comment voyez-vous l'avenir de la recherche universitaire?**

Bien trop d'élèves s'orientent vers les classes préparatoires aux grandes écoles et pas assez vers l'université. Alors que c'est précisément la recherche universitaire qui mène l'innovation – cette fameuse innovation censée être le moteur de la croissance. L'université doit être le lieu de brassage des idées et afficher une véritable ouverture internationale. Depuis bien des années, nous faisons d'ailleurs des erreurs graves en ce qui concerne ●●●

> « Je suis persuadé qu'il préexiste un ordre caché que nous devons découvrir »

●●● l'accueil des étudiants étrangers – parfois, cela se voit de manière aiguë avec telle ou telle loi – qui demeure beaucoup trop restrictif et complexe, avec son lot d'humiliations administratives. Peut-être aussi trop d'universités délivrent-elles des diplômes de troisième cycle ; le débat est ouvert et délicat.

Les choses sont d'ailleurs très variables d'un pays à l'autre : aux Etats-Unis, on fait la distinction entre les établissements d'enseignement et d'autres proposant un troisième cycle avec une formation par la recherche, et il existe nettement moins d'universités « de recherche », proportionnellement, qu'en France.

**Comment expliquez-vous que les maths soient considérées comme difficilement compréhensibles par la plupart des gens ?**

Il y a là un paradoxe. Le travail de Stanislas Dehaene (2) montre qu'à la naissance, nous avons tous, d'une certaine manière, la bosse des maths, avec des aptitudes particulières pour le calcul. Cela dit, les démonstrations mathématiques n'ont pas grand-chose à voir avec le calcul : il s'agit de mener une suite de raisonnements logiques dont chaque étape peut être très élémentaire. Par exemple, si vous démontrez une chose et son contraire, cela prouve que votre hypothèse de départ est fausse. Mais il faut en enchaîner un certain nombre pour parvenir à la démonstration d'un théorème et, de fait, peu de gens ont assez de persévérance. Pourtant, dans la vie de tous les jours, nous menons des raisonnements bien plus complexes pour comprendre une stratégie politique, par exemple, ou résoudre un conflit entre deux personnes ! On peut donc se demander pourquoi nous avons tant de mal avec cette suite de règles élémentaires…

En fait, notre cerveau ne fonctionne pas principalement par associations logiques. Il privilégie les sentiments, les images ou les associations d'idées. Même lorsque nous sommes aux prises avec un raisonnement mathématique, nous sommes forcés de recourir à ce mode de fonctionnement peu logique. On regroupe les processus ainsi à l'œuvre sous le terme d'« intuition ». Peut-être est-ce là le résultat de l'évolution, qui a opéré au cours des dizaines de millénaires par le processus de la sélection naturelle. L'intuition confère-t-elle des capacités indispensables à la survie de l'espèce ? C'est possible. Dans ce cas, la force des mathématiques est de proposer, outre celle-ci, un chemin à contre-courant : celui des associations logiques.

**En France, l'esprit cartésien privilégie cette approche logique. Qu'en est-il ailleurs ?**

La pratique des mathématiques dépend étroitement des traits culturels. Comme l'a très bien souligné le célèbre mathématicien français Henri Poincaré, *« c'est par la logique que nous prouvons, mais c'est par l'intuition*

## REPÈRES

**L'AMORTISSEMENT DE LANDAU.**

La médaille Fields a couronné en 2010 les travaux de Cédric Villani sur « l'amortissement de Landau », un problème mathématique en prise directe avec la physique des plasmas, qui continue à intriguer la communauté scientifique plus de cinquante ans après l'intuition qu'en a eue Lev Landau. Un plasma est un gaz au sein duquel les atomes ont perdu leurs constituants. Résultat : c'est une soupe de particules, chargées électriquement. Or, dans l'Univers, la matière – rassemblée au sein des galaxies – existe essentiellement sous forme de plasma. Mais qu'est-ce qui la met ainsi sens dessus dessous ? Par exemple, la température : le plasma qui compose le cœur des étoiles est à plusieurs milliers de degrés. Ou bien une tension électrique immense : le plasma des éclairs est ainsi soumis à 100 millions de volts. Dès les années 1920, le physicien russe Lev Davidovich Landau (1908-1968) s'intéresse au comportement des plasmas. Pour cela, il s'inspire des travaux sur les gaz de l'Autrichien Ludwig Boltzmann, père de la thermodynamique, qui a démontré que les particules d'un gaz se dispersent de manière irréversible au cours du temps, selon un désordre croissant. Mais, en 1946, surprise ! Lev Landau prédit théoriquement que, contrairement à ce qui se passe dans un gaz, les particules s'uniformisent dans un plasma, même lorsqu'elles n'entrent pas en collision les unes avec les autres, et que l'état d'équilibre est ainsi obtenu bien plus rapidement qu'au sein d'un gaz. Résultat : *« Les inhomogénéités d'une galaxie peuvent s'effacer spontanément »*, affirme-t-il. Cette prédiction a été appelée l'amortissement de Landau. Restait à la démontrer ! Le travail de Cédric Villani et de Clément Mouhot – aujourd'hui professeur à Cambridge (Royaume-Uni) – a prouvé que Landau avait raison.

*que nous découvrons* ». Mais la part de la logique et celle de l'intuition dépendent de facteurs culturels. Par exemple, les grands mathématiciens russes du xxe siècle, comme Andreï Kolmogorov, Misha Gromov et tant d'autres, ont stupéfait leurs pairs par leur capacité à voir le monde « différemment ». Avec un style bien éloigné de celui des mathématiciens français de la même époque : les Russes ne se focalisaient pas autant sur la définition rigoureuse des objets mathématiques.

Le développement d'une école mathématique se fait dans un contexte culturel, et avec une façon de penser, parfois très caractéristiques – même si le langage mathématique est universel. Je suis curieux de savoir comment vont procéder les Chinois lorsque leur école mathématique aura pris son plein envol. Notons que la Chine est le pays qui investit le plus dans la recherche fondamentale à long terme, et qu'elle sera probablement bientôt un acteur majeur sur la scène scientifique internationale.

**Dans votre ouvrage (3), vous donnez quelques recettes personnelles de pratique des mathématiques, comme le recours à la relaxation. Sont-elles efficaces pour tout le monde ?**

(Rire.) La traversée des chemins scientifiques nécessite un rituel propre à chacun ! Pour ma part, je m'allonge à même le sol pour un moment de détente totale, comme si mon cerveau se remettait à neuf. Dans le même ordre d'idées, Henri Poincaré a laissé des témoignages sur les effets que produisaient sur lui l'abus de café noir, la marche, etc., lorsqu'il devait résoudre un problème tenace.

Et puis, n'oublions pas les aspects sociaux de la recherche. Contrairement à certains mathématiciens solitaires, comme le Russe Grigori Perelman qui a réussi en 2002 à résoudre la célèbre conjecture de Poincaré, j'ai l'habitude de travailler en réseau avec mes proches collaborateurs à travers le monde. J'entretiens avec eux un dialogue en continu et en direct. Nous formons presque ainsi un cerveau distribué, avec des approches parfois différentes. La relation que l'on entretient avec un problème peut s'apparenter à une passion amoureuse, traversée parfois d'attirances irrésistibles vers d'autres sujets. Une relation passionnelle ourdie de trahisons, de désirs et de mensonges, comme je l'ai écrit l'année dernière dans un texte pour le festival scientifico-littéraire milanais la Milanesiana.

**Cette tornade d'émotions est présente lorsque vous parlez de mathématiques.**

La mathématique est en soi une chose si surprenante qu'elle ne peut que déchaîner les passions, si l'on réalise à quel point elle est incroyablement puissante ! Pensez à la folie furieuse que représente le travail de Newton : les quelques équations qu'il écrit de sa main sur une feuille de papier sont capables de prédire le mouvement d'une planète, là-bas, dans le ciel, à des millions de kilomètres ! On pourrait crier à la déraison, à la magie. Mais l'immense beauté de cette histoire, c'est que son efficacité est vérifiée chaque jour.

**Que cache cette incroyable efficacité ? Notre monde est-il profondément mathématique, ou est-ce notre cerveau qui lui confère une telle structure ?**

Je suis un platonicien, et crois donc que le monde est mathématique. Je parle bien d'une croyance, pour laquelle je n'ai pas d'arguments. Certains de mes collègues sont persuadés que c'est notre cerveau qui invente cette approche permettant de décrire le réel. Le débat ne peut être tranché. Mais ces croyances influent sur nos habitudes de travail. Cette question, que l'on considérait comme un peu naïve il n'y a pas si longtemps, est maintenant revenue très sérieusement sur le tapis. Pour ma part, je suis persuadé qu'il préexiste un ordre caché que nous devons découvrir. Lors de ma soutenance de thèse en 1998, sous la direction de Pierre-Louis Lions, le mathématicien Yves Meyer m'a dit : *« Dans le temps, on se serait moqué de ce travail parce qu'il y a des miracles dedans… »*, des relations que l'on cherche parce que l'on est persuadé de la préexistence d'un ordre établi.

**Propos recueillis par Azar Khalatbari**
**avec Carole Chatelain**
**Photos : Ed Alcock/Myop diffusion**
**pour Sciences et Avenir**

(1) www.youtube.com, mots clefs : villani tedxobserver
(2) Stanislas Dehaene, *La Bosse des maths*, Odile Jacob.
(3) *Théorème vivant*, Grasset, lire des extraits pp. 44-45.

BERNARD MARTINEZ

## MA BIBLIOTHÈQUE ÉGOÏSTE

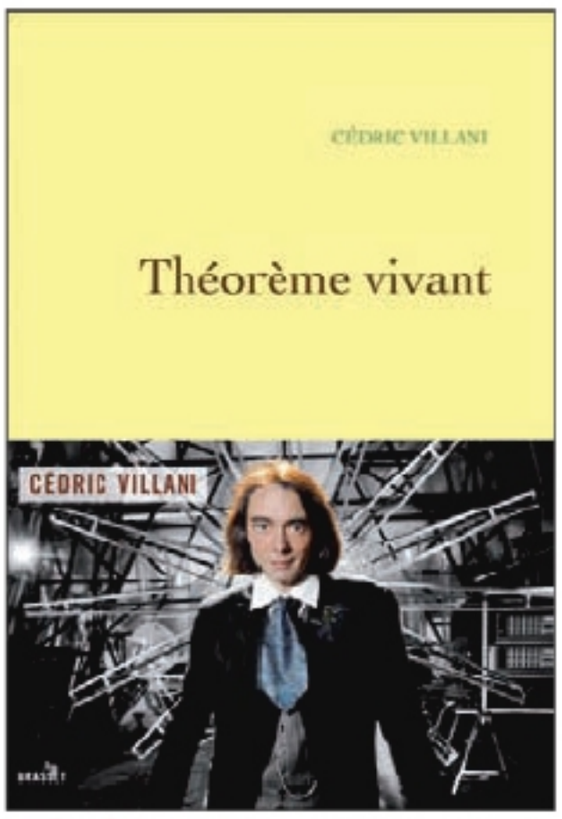
# « Je suis un lecteur assidu de mangas »

« Ma "bibliothèque" est riche de musique et de mangas. Parmi les morceaux les plus chargés émotionnellement qui ont jamais été écrits, je citerai *Poème non épique*, de Catherine Ribeiro sur une musique de Patrice Moullet (1), une chanson qui peut vous anéantir littéralement.

Parmi la musique "classique", je citerai la sixième sonate de Prokofiev, écrite au moment où la Seconde Guerre mondiale éclate. Certains critiques ont jugé son second mouvement trop sentimental, mais c'est celui qui me remplit le plus d'émoi. Et puis, toujours chez Prokofiev, son deuxième concerto pour piano, écrit alors qu'il avait 20 ans, après le suicide d'un ami. Sa partition originale a été détruite dans un incendie, ce qui l'a contraint à la réécrire entièrement. C'est ce que l'on devrait toujours faire, une fois l'œuvre achevée, car le résultat est souvent bien meilleur ! Cela m'est d'ailleurs arrivé avec une partie du manuscrit de mon dernier livre, que j'ai égarée lors d'un colloque ; j'ai dû tout reprendre.

Je suis aussi un lecteur assidu de bandes dessinées, issues de toutes les cultures ; les mangas en particulier (2), dont *L'Histoire des trois Adolf*, d'Osamu Tezuka (3). Les mangas sont le territoire des émotions violentes. Du côté des livres scientifiques, en voici un pour lequel j'ai une admiration sans bornes : *Forme et croissance* (4), de D'Arcy Thompson, qui fait partie des réflexions essentielles, avec une synthèse inégalée entre mathématique, physique et biologie. »

(1) www.youtube.com/watch?v=7itNmerj-XY
(2) Voir les conseils de lecture de mangas par Cédric Villani sur notre site www.sciencesetavenir.fr/décryptage
(3) Editions Tonkam, 2008.
(4) Seuil, 2009.




**THÉORÈME VIVANT,** de Cédric Villani, Grasset, août 2012, 288 p., 19 €.

EXTRAITS CHOISIS

# Entre équations et instantanés de la vie quotidienne

*De ses périples aux quatre coins du monde, de Princeton à Lyon en passant par Hyderabad, Cédric Villani a rapporté un récit où se mêlent, dans une joyeuse vivacité, des réflexions sur la musique, les mangas, l'éducation… entrecoupées par des extraits de courriels échangés avec ses collègues et des discussions mathématiques impénétrables. Ces dernières, présentées en italiques dans l'ouvrage paru aux éditions Grasset, peuvent être écartées par les non-spécialistes. Mais leur présence, au fil de la plume, reflète bien la pensée de l'auteur qui passe sans cesse de la plus haute abstraction mathématique aux infimes détails du quotidien.* **Azar Khalatbari**

## « La fameuse ligne directe avec le dieu de la mathématique » (p. 153)

Princeton, matin du 9 avril 2009.

Hhhhhh… que c'est dur de se réveiller. Je me lève à grand-peine, m'assois sur le lit.

Uh?

Il y a une voix dans ma tête. *Il faut faire passer le second terme de l'autre côté, prendre la transformée de Fourier et inverser dans L2.*

Pas possible!

Je griffonne une phrase sur un bout de papier, harangue les enfants pour qu'ils se préparent, les fais petit-déjeuner et les emmène, trottinant dans l'herbe humide, jusqu'à l'arrêt du bus scolaire. […]

Vite, je rentre chez moi, je m'installe dans le fauteuil et je teste l'idée qui est apparue magiquement ce matin pour combler ce maudit trou.

— Je reste en Fourier, comme me l'avait suggéré Michael Sigal, je ne vais pas du tout sur la transformée de Laplace, mais avant d'inverser je commence par séparer comme ceci, et puis en deux temps…

Je griffonne et contemple. Un instant de réflexion.

Ça marche! Je crois…

Ça marche!!! C'est sûr!

Bien sûr que c'est comme cela qu'il fallait faire. A partir de là on va pouvoir développer, ajouter les ingrédients, mais là j'ai déjà la trame. Maintenant ce n'est plus qu'une question de patience, je vois bien que le développement de l'idée aboutit à des schémas que je reconnais. J'écris les détails, longuement. C'est le moment de faire jouer mes dix-huit ans de pratique mathématique!

— Hmmm, maintenant ça ressemble à une inégalité de Young… et après c'est comme la preuve de l'inégalité de Minkowski… on change de variables, on sépare les intégrales…

Je passe en mode semi-automatique. A présent je peux faire usage de toute mon expérience… mais pour en arriver là, il aura fallu un petit coup de fil direct. La fameuse ligne directe, quand vous recevez un coup de fil du dieu de la mathématique, et qu'une voix résonne dans votre tête. C'est très rare, il faut l'avouer!

## Du thé et « de la musique, ou je meurs » (p. 167)

Princeton, le 14 avril 2009.

[…] Ce soir, je m'apprête encore à une longue séance en tête à tête avec le Problème. La première étape consiste à faire chauffer de l'eau.

Mais en découvrant qu'il ne reste plus de thé à la maison je suis pris d'une peur panique! Sans le soutien des feuilles de *Camellia sinensis*, je ne peux simplement pas concevoir de me lancer dans les heures de calcul qui se profilent.

C'est déjà la nuit, inutile d'espérer trouver un commerce ouvert à Princeton. N'écoutant que mon courage, j'enfourche ma bicyclette et je vais dérober des sachets de thé dans la salle commune du département de mathématique.

Arrivé à la porte du laboratoire, je tape le code d'entrée, monte à l'étage. Tout est noir, seul filtre un rai de lumière sous la porte de Jean Bourgain. Je ne suis pas le moins du monde surpris : Jean a beau avoir obtenu les plus grands honneurs et être considéré comme l'un des plus puissants analystes de ces dernières décennies, il a conservé les horaires de travail d'un jeune loup aux dents longues, et en

prime il aime rester à l'heure de la Côte Ouest, où il se rend régulièrement. On peut parier qu'il travaillera lui aussi jusqu'au milieu de la nuit.

Je me glisse dans la salle commune, m'empare furtivement des sachets tant convoités, sous le regard réprobateur d'André Weil. Vite, je redescends.

Mais sur le retour, je croise Tom Spencer, grand spécialiste de physique statistique, et l'un de mes meilleurs amis à l'Institut. Je suis forcé d'avouer mon crime.

— *Oh, tea! Keeps you going, eh?*

Retour à la maison. Maintenant les précieux sachets sont là, devant moi, je vais pouvoir commencer la cérémonie.

Et de la musique, s'il vous plaît, ou je meurs.

## « Je suis un mathématicien neuf » (p. 183)

Princeton, le 4 mai 2009.

A l'instant précis où ma nuque touche la moquette, une onde de bien-être se répand dans mon corps, cela part de la tête pour aboutir aux pieds. Il est treize heures ou treize heures trente, je suis de retour dans mon bureau après le repas, le moment est propice à une séance de relaxation [...]

Les images défilent devant mes yeux fermés, les sons grésillent dans mes oreilles, de plus en plus fort, pendant que toute la matinée repasse dans ma tête.

Ce matin les enfants de l'école primaire Littlebrook sont venus visiter l'Institute for Advanced Study, son étang, ses magnifiques arbres en fleurs, le grand buste d'Albert Einstein dans la bibliothèque ancienne. Regardez, les enfants, le château magique de la science ! A huit ans, il n'est pas trop tôt pour rêver des grands scientifiques.

Je leur ai préparé un exposé de vingt minutes, je leur ai parlé du mouvement brownien qui permit de mettre les atomes en évidence, du célèbre problème de Syracuse qui est si simple qu'un enfant de huit ans peut le comprendre, et si complexe que le meilleur mathématicien du monde s'avouerait perdu face à lui.

Ils ont écouté sagement dans le grand hall de l'Institut, ouvert des yeux ronds devant les merveilleuses images du mouvement brownien errant sur mon ordinateur portable [...]

Et puis le reste de la matinée, et puis le bon repas, et puis mon cerveau a commencé à s'embrumer, quand est venu le temps de remettre le compteur à zéro, le temps de la pause éclair, celle que j'appelle le reboot, la remise en marche de l'ordinateur, on efface la mémoire et on repart.

Dans mes oreilles ça bourdonne, les enfants parlent et reparlent et tout tourne en rond. Mon visage contracté se détend, le bourdonnement s'intensifie, des fragments de phrases voltigent, certains plus fort que d'autres, des voix et chansons, le repas revient, une cuillère oubliée, une procédure d'accueil, un lac non gelé, un buste dans ma bibliothèque, $3\,n + 1$, $3\,n + 2$, $3\,n + 3$, le parquet et les ombres et tu as oublié un petit enfant et...

Une brusque petite secousse dans mes membres, les ombres s'écartent et ma conscience redevient claire. Je suis à l'affût, je reste allongé quelques instants, pendant que des fourmis s'éparpillent dans la plante de mes pieds déchaussés. [...]

La pause est finie, elle a duré dix minutes montre en main, mais je suis un mathématicien neuf.

## La conjecture de Cercignani (p. 231)

*La conjecture de Cercignani concerne les liens entre l'entropie et la production d'entropie dans un gaz. Pour simplifier, oublions les inhomogénéités spatiales du gaz, de sorte que seule la distribution de vitesses compte. Soit donc une distribution de vitesses $f(v)$ dans un gaz hors d'équilibre : la distribution n'est pas égale à la gaussienne $\gamma(v)$, et par conséquent l'entropie n'est pas aussi élevée qu'elle pourrait l'être. L'équation de Boltzmann prédit que l'entropie va croître, mais va-t-elle croître beaucoup ou très peu ?*

*La conjecture de Cercignani espère que l'augmentation instantanée d'entropie est au moins proportionnelle à la différence entre l'entropie de la gaussienne et l'entropie de la distribution qui nous intéresse :*

$$\dot{S} \geq K\,[S(\gamma) - S(f)].$$

*Cette conjecture a des implications sur la vitesse à laquelle la distribution converge vers l'équilibre, une question fondamentale puisqu'elle est liée à la fascinante découverte de l'irréversibilité par Boltzmann.*

## « L'instant le plus important de ma vie professionnelle » (p. 253)

Hyderabad, le 19 août 2010.

Mon nom retentit dans la salle immense, et mon portrait – lavallière rouge carmin, araignée blanche teintée de mauve –, réalisé par le photographe Pierre Maraval, s'affiche sur l'écran gigantesque. Je n'ai pas dormi de la nuit, pourtant j'ai l'impression de n'avoir jamais été aussi éveillé. C'est l'instant le plus important de ma vie professionnelle, celui dont les mathématiciens rêvent sans oser se l'avouer. Le scientifique plus ou moins anonyme, numéro 333 dans la liste des « Mille Chercheurs » photographiés par Maraval, est en train de passer en pleine lumière.

Je me lève et je m'avance vers l'estrade pendant que la citation retentit : « *A Fields Medal is awarded to Cédric Villani, for his proofs of nonlinear Landau damping and convergence to equilibrium for the Boltzmann equation.* »

Je monte les marches, en m'efforçant de n'être ni trop lent ni trop rapide, et m'approche de la présidente de l'Inde, au centre de l'estrade. La Présidente est petite mais il émane d'elle une puissance qui est palpable dans l'attitude de son entourage. Je m'arrête devant elle ; elle s'incline légèrement et je m'incline en réponse, beaucoup trop. *Namaste*.

Elle me tend la médaille et je la présente à la foule, le buste penché de manière étrange, pour n'être ni tourné de profil vers la foule, ni tourné de profil vers le chef de l'État indien ; plutôt à 45 degrés pour l'un et pour l'autre.

Quelque trois mille personnes m'acclament, dans la gigantesque salle de conférences attenante à l'hôtel de luxe qui héberge le Colloque international des mathématiciens, cuvée 2010. Il y a dix-huit ans, combien étaient-ils, ceux qui m'applaudissaient après mon discours d'ouverture du bal du bicentenaire à l'Ecole normale supérieure ? Un millier, peut-être ? *Those were the days*... Mon père avait été tellement triste de ne pas pouvoir capturer d'images de cette cérémonie, suite à un loupé d'organisation. C'était toute une affaire, mais comme cela paraît dérisoire maintenant, en comparaison de l'armée de photographes et cinéastes qui mitraillent la scène ! C'est comme au festival de Cannes...

©GRASSET

# Alerte Compléments alimentaires dangereux

*Vendus sur Internet, ces produits censés aider à maigrir ou favoriser l'érection se prétendent « 100 % naturels ». Résultat de notre enquête exclusive, avec analyses en laboratoire ? La majeure partie des 100 produits testés contiennent des substances chimiques surdosées.*

Dossier réalisé par Rachel Mulot

B. MARTINEZ POUR SCIENCES ET AVENIR

**Amaigrissants : des médicaments interdits** p. 50

B. MARTINEZ POUR SCIENCES ET AVENIR

**Stimulation de l'érection : des gélules à haut risque** p. 53

SEBASTIEN ORTOLA/REA

**Lutte contre la fraude : la France à la traîne** p. 57

BERNARD MARTINEZ POUR SCIENCES ET AVENIR

# Un trafic juteux de produits dangereux

*Sur Internet, fleurissent des sites qui vendent en toute impunité des « érectiles » ou des amaigrissants à base de plantes. Nous publions ici les résultats édifiants des analyses de ces prétendus compléments alimentaires.*

**Il ne faut jamais acheter de médicaments sur Internet,** ne cessent de marteler les autorités de santé et de nombreux médias. Mais c'est sur bien d'autres produits que l'alerte doit aussi être donnée. Parmi eux, ceux qui devraient le moins susciter la défiance : les compléments alimentaires, généralement considérés comme facteurs de « mieux-être » et vendus comme « naturels ». Or, *Sciences et Avenir* est en mesure de révéler qu'il existe sur ce marché un afflux massif, qui va en s'amplifiant, de faux compléments alimentaires, qui se révèlent être en fait des médicaments illicites, voire dangereux. Et que, face à cette escroquerie, les autorités françaises concernées, principalement l'Agence nationale de sécurité du médicament et des produits de santé (ANSM) et la Direction générale de la concurrence, de la consommation et de la répression des fraudes (DGCCRF), semblent démunies, en tout cas peu empressées de communiquer *(lire p. 57)*. Initialement, notre enquête portait sur la qualité et la sécurité des compléments alimentaires *(voir lexique ci-dessous)*. La pléthore de produits vendus sur Internet, tous prétendument à base d'ingrédients végétaux ou de vitamines, a rapidement attiré notre attention. Leurs promesses – se muscler, maigrir rapidement ou décupler ses performances sexuelles – semblaient aussi miraculeuses que suspectes. Probablement de la poudre de perlimpinpin, avons-nous d'abord pensé. Erreur ! Une longue recherche dans la littérature scientifique nous a alors appris que bon nombre de ces produits sont en réalité frauduleux, adultérés *(voir le lexique ci-dessous)* par des substances actives équivalentes ou très proches de celles de médicaments délivrés sur ordonnance *(lire pp. 54-55)*. Notre enquête nous a aussi permis de constater que seuls la Food and Drug Administration (FDA) américaine, l'Autorité scientifique de la santé (HSA) de Singapour, l'Institut de santé publique de l'environnement néerlandais (RIVM) et aussi un laboratoire de recherche toulousain étaient en pointe sur le sujet.

Depuis 2008, en effet, un groupe de recherche du laboratoire mixte université-CNRS Synthèse et physico-chimie de molécules d'intérêt biologique (SPCMIB), de l'université Paul-Sabatier à Toulouse, s'intéresse à ces produits, et plus particulièrement à ceux qui ont une visée amaigrissante ou qui traitent le dysfonctionnement érectile chez l'homme. La synthèse de leurs résultats, révélés ici en exclusivité par *Sciences et Avenir*, est effarante : sur plus de 100 compléments alimentaires testés, plus des deux tiers contiennent des médicaments. Certains sont carrément interdits, d'autres n'ont jamais reçu d'autorisation de mise sur le marché (AMM). La plupart sont pourtant disponibles sur Internet et, nous l'avons vérifié, les produits favorisant l'érection sont même en vente dans certaines boutiques spécialisées.

En France, le marché légal des compléments alimentaires pèse plus de 1,1 milliard d'euros, deux tiers des ventes s'effectuant en pharmacie et parapharmacie. Mais une part croissante va au commerce en ligne. Et c'est précisément là, aux côtés des sites licites de grandes marques reconnues ou de laboratoires, que viennent se glisser les fraudeurs pour distribuer leurs produits illicites. A l'insu des consommateurs. Un trafic sans risque, ou presque, pour les fabricants. Arrivés le plus souvent par voie postale, les produits échappent majoritairement aux contrôles *(lire p. 57)*. Il est temps de lancer l'alerte.

**Rachel Mulot**

## LEXIQUE

**Compléments alimentaires :** denrées alimentaires complémentaires de l'alimentation, source concentrée de nutriments ou d'autres substances (plantes, extraits de plantes, additifs), ayant un effet nutritionnel ou physiologique et commercialisées sous forme de doses (ampoules, gélules, comprimés) destinées à être prises en unités mesurées de faible quantité (réglementation européenne, transposée en droit français en 2006).

**Compléments alimentaires adultérés :** ils ont subi une manipulation frauduleuse consistant en l'ajout d'une, ou plusieurs, substance(s) et sont vendus pour ce qu'ils ne sont pas. L'additif adultérant est parfois toxique.

**Médicaments illicites :** dans ce dossier, il s'agit de compléments alimentaires additionnés de substances actives (quelle que soit la dose) ayant des propriétés pharmacologiques connues ou possibles. Ils n'ont pas d'autorisation de mise sur le marché.

**Médicaments contrefaits :** médicaments délibérément et frauduleusement étiquetés pour tromper sur leur identité ou leur origine.

**Analogue :** molécule présentant une structure apparentée à celle de la molécule de référence dont elle diffère en général par la présence ou l'absence de quelques groupements chimiques tout en en conservant le squelette.

SOURCES : ANSM, DGCCRF, OMS, ACADEMIE DE PHARMACIE, UNIVERSITÉ DE TOULOUSE, RIVM.

ULRICH LEBEL/F/MYOP POUR SCIENCES ET AVENIR

**MYRIAM MALET-MARTINO** Responsable du groupe de résonance magnétique nucléaire biomédicale au laboratoire mixte université-CNRS Synthèse et physico-chimie de molécules d'intérêt biologique de l'université Paul-Sabatier, à Toulouse

# « Nous sommes face à un réel problème de santé publique »

**Comment avez-vous découvert l'existence de ces produits illicites?**
Notre équipe travaillait initialement sur les médicaments de contrefaçon. Il y a cinq ans, j'ai rapporté de Chine un complément alimentaire prétendument naturel. En fait, chaque gélule recélait 120 mg de sildénafil, le principe actif du Viagra. Soit plus que la dose maximale autorisée, qui est de 100 mg! Nous avons multiplié les analyses sur ce type de produits et pris conscience de l'étendue de la fraude.

**Quels sont les risques pour les consommateurs?**
Il y a là un réel problème de santé publique. La mode est à l'automédication, à la recherche du bien-être grâce à la prise de compléments alimentaires. Les consommateurs les croient sans danger du fait de leur prétendue « origine naturelle » ou de leur composition anodine. Or des fabricants sans scrupule se sont emparés de ce secteur porteur et lucratif. Il faut réagir en intensifiant les contrôles et en informant clairement les consommateurs.

**Comment procédez-vous aux analyses?**
Nous achetons des compléments alimentaires sur Internet ou dans des boutiques spécialisées. Nous appliquons ensuite la technique de résonance magnétique nucléaire (RMN), très efficace pour analyser les milieux complexes comme les échantillons biologiques, les médicaments ou les compléments alimentaires. La RMN permet de détecter les différents constituants d'un mélange et d'en déterminer la structure. Après avoir dissous le contenu des gélules ou des comprimés, nous obtenons des spectres. Ces derniers diffèrent, par exemple, entre un complément alimentaire véritablement naturel et un autre contenant un médicament. Nous avons ainsi développé une expertise qui nous permet de reconnaître rapidement – en quelques minutes ou quelques jours – les signatures de nombreuses substances actives.

**Comment réagissent les autorités sanitaires devant ce problème?**
Nous avons du mal à trouver les bons interlocuteurs sur le sujet. Malgré les résultats de nos analyses, certains produits sont toujours en vente.
Les fabricants – le plus souvent installés en Asie – sont très réactifs et ingénieux. Ils proposent des compléments contenant de nouvelles substances actives qui dans un premier temps ne pourront pas être détectées par une analyse de routine.
Nous assistons à une multiplication du nombre de compléments alimentaires et il est sans doute difficile pour les autorités de suivre cette course. C'est pourquoi nous envisageons de faire un site Internet où nous publierons nos résultats.

**Propos recueillis par R. M.**

# Amaigrissants : des médicaments interdits

*Des substances retirées du marché en raison de leur nocivité reconnue se retrouvent pourtant, en quantités parfois non négligeables, dans des produits présentés comme «naturels» et destinés à faire perdre du poids.*

**Toulouse, université Paul-Sabatier.** Myriam Malet-Martino, chimiste analyste et pharmacienne (1), surfe avec sa collègue Véronique Gilard sur les sites Internet spécialisés dans les produits amaigrissants. Promesses de perte de poids vertigineuses, labels ronflants, témoignages d'utilisatrices ravies… Les textes vantant les mérites de ces produits miraculeux – souvent très mal traduits de l'anglais – sont censés rassurer les acheteurs potentiels : rien de chimique dans ces compléments alimentaires. Tous sont présentés comme des concentrés *« d'actifs naturels »*, *« à base de plantes, 100 % naturels »* et bien sûr *« sans danger »*. Les deux scientifiques arrêtent leur choix sur quatre produits qu'elles achèteront puis testeront pour *Sciences et Avenir*. Objectif : vérifier leur composition réelle en décelant éventuellement la présence cachée de substances médicamenteuses illicites, voire interdites.

**La sibutramine est interdite en France depuis 2010, la phénolphtaléine, depuis 1999**

Il faut dire que les chercheuses ont largement de quoi être suspicieuses. Dès 2010, leur équipe a publié une étude décapante montrant l'étendue de la fraude sur le marché des compléments alimentaires à visée amaigrissante (2). Sur 20 échantillons, vendus comme 100 % naturels, analysés par leurs soins, plus des deux tiers étaient adultérés. Huit contenaient ainsi de la sibutramine, un coupe-faim interdit à la vente en France depuis 2010. Pire ! ils en renfermaient des doses allant de 4,4 à 30,5 mg par capsule, soit jusqu'à deux fois la dose maximale journalière recommandée quand elle était encore autorisée comme médicament (3) ! Cinq autres produits contenaient un mélange de sibutramine (de 5 à 20 mg) et de phénolpthaléine (de 4 mg à 66 mg) : cette dernière est un laxatif réputé cancérogène et interdit depuis 1999. Enfin un échantillon était adultéré avec 20 mg de synéphrine, un alcaloïde stimulant extrait de l'orange amère *(Citrus aurentium)*. Cette plante est interdite depuis mai dans les préparations magistrales à visée amaigrissante, en raison de ses effets secondaires sur le cœur.

Nous voulions vérifier, avec l'aide du laboratoire de Toulouse, si ces substances se retrouvent encore fréquemment dans les produits vendus sur Internet. Et la réponse est oui. Deux des quatre compléments alimentaires analysés, Vitaccino Coffee et P57Hoodia, contiennent bien de la sibutramine (20 mg par sachet pour le premier et 4 mg par gélule pour le second). De quoi vraiment s'alarmer. Car ce type de mélange a déjà fait de sérieux dégâts. Ainsi, entre 2005 et 2008, les centres d'urgence antipoison de Fribourg et Göttingen, en Allemagne, ont reçu 17 patients victimes de « pilules chinoises » pour maigrir. Elles étaient alors commercialisées sous le nom de LiDa *(lire l'encadré p. 51)*. Or, comme nous avons pu le constater, cette marque est toujours en vente. Les symptômes ? Malaises, nausées, tachychardie (dérèglement du rythme cardiaque), migraines, agitation, dyspnée (difficultés respiratoires), vomissements et insomnies. Une jeune fille de 14 ans a dû être admise aux urgences psychiatriques en état de confusion aiguë après avoir pris ces pilules. Un homme a développé une psychose. *« Les symptômes sévères d'empoisonnement surviennent principalement lorsque ces produits sont pris en association avec d'autres médicaments*, souligne Dieter Muller, du Centre de pharmacologie et toxicologie de l'université de Göttingen (Allemagne). *Les patients oublient d'informer leur médecin qu'ils prennent ces produits, car ils les considèrent à tort comme inoffensifs et "sains", puisqu'ils sont censés être à base de plantes. »*

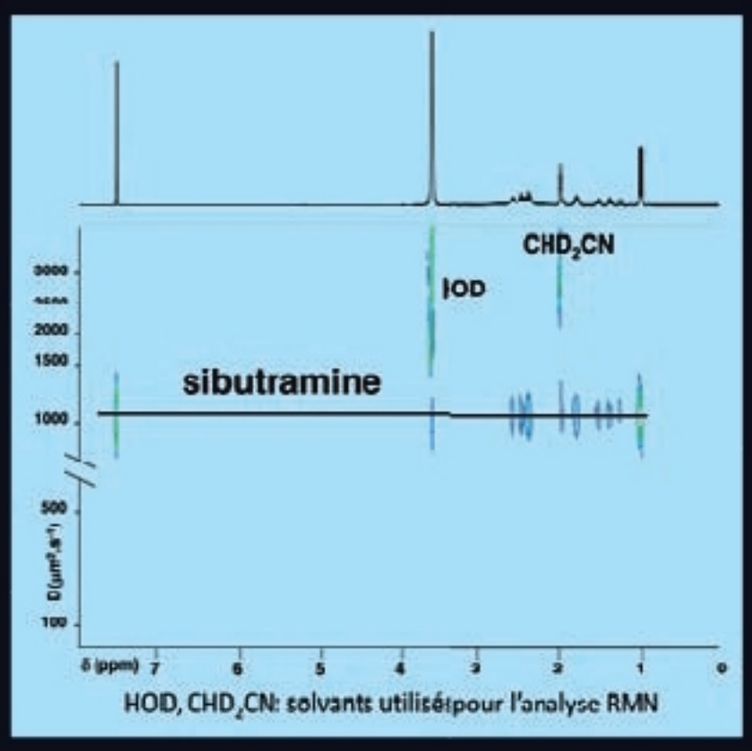
Ainsi, s'il est bien sûr impossible d'en connaître le chiffre exact, la consommation de sibutramine parmi le public est probablement plus importante que les cas qui sont rapportés, selon le chercheur. Car les médecins passent souvent à côté du diagnostic. *« En cas d'intoxication, et pour évaluer correctement les symptômes cliniques, le praticien devrait se renseigner, non seulement sur les médicaments mais aussi sur les compléments alimentaires, soi-disant à base de plantes, ingérés par le malade. C'est indispensable pour démarrer un traitement, de façon à éviter toute interaction »*, conclut Dieter Muller, qui réclame une surveillance accrue de ces produits. D'autant que la molécule active présente dans ces faux produits naturels dépasse souvent la dose autorisée dans la forme pharmacologique. Les risques en sont décuplés. *« Les fraudeurs ne lésinent pas sur les quantités pour qu'il y ait une action effective »*, estime Alain Nicolas, ancien directeur des laboratoires et contrôles de l'Afssaps (aujourd'hui ANSM : Agence nationale de sécurité du médicament et des produits de santé).

Une pratique confirmée par le pharmacien Dries de Kaste, de l'Institut national de la santé publique et de l'environnement

(RIVM) des Pays-Bas. Directeur des laboratoires de contrôle des médicaments contrefaits de ce pays, il a analysé les tendances du marché frauduleux des compléments alimentaires entre 2002 et 2007 (4). 248 produits analysés contenaient, outre de la sibutramine, 16 substances médicamenteuses différentes. *« La liste de toutes les substances actives découvertes dans de prétendues "formulations phytothérapeutiques pour maigrir" au cours des quinze dernières années est préoccupante »*, détaille de son côté le chimiste brésilien Leandro de Carvalho de l'université de Santa-Maria, au Brésil (5). Le chercheur a passé en revue une cinquantaine d'études sur le sujet, réalisées principalement au Brésil, aux Etats-Unis, en Europe et en Asie. Au menu : des diurétiques et laxatifs (spironolactone et phénolphtaléine), des stimulants (éphédrine, caféine), mais aussi des anxiolytiques (benzodiazépines essentiellement) pour pallier les effets secondaires des premiers, ou encore des anorexigènes et des amphétamines (fenproporex, amfépramone), et enfin des antidépresseurs (fluoxetine). Des recettes explosives !

Aujourd'hui, c'est la sibutramine qui semble être la plus employée : 23 produits sur 25 saisis récemment à l'aéroport de Varsovie (Pologne) en contenaient, comme le montre une étude de 2011 (6). Mais demain, la molécule phare pourrait bien être celle du Mediator, le benfluorex, s'inquiète un connaisseur du dossier. Une molécule interdite depuis 2009, car elle provoquerait des valvulopathies. *« Il y a des modes. Après l'interdiction de l'Acomplia, un autre médicament anti-obésité, on a vu apparaître sa molécule active (le rimonabant) sur le marché des compléments alimentaires adultérés. Car c'est ainsi que les stocks de molécules frappées d'interdiction* ●●●

## La spectroscopie DOSY dévoile les fraudes




Vingt plantes médicinales ou suppléments alimentaires commercialisés comme produits naturels minceur ont été analysés par spectroscopie de diffusion ordonnée (DOSY) 1H-résonance magnétique nucléaire (RMN) et DOSY-COSY 1H-RMN. La méthode permet la détection d'ingrédients actifs et inactifs dans ces matrices complexes. Parmi les formulations analysées, deux sont strictement à base de plantes et quatre ont une composition correspondant aux ingrédients déclarés. Les autres sont falsifiés. Huit formulations contiennent de la sibutramine seule à des doses allant de 4,4 à 30,5 mg / capsule. Cinq contiennent de la sibutramine (de 5,0 à 19,6 mg / gélule ou comprimé) avec de la phénolphtaléine (4,4 à 66,1 mg / gélule). La dernière formulation est frelatée avec de la synéphrine (19,5 mg / gélule). D'autres composés ont été caractérisés notamment : méthylsynéphrine, vitaberin, sucres, vitamines, etc. En haut, le spectre met évidence la présence dans le complément alimentaire amaigrissant LiDa, de sibutramine – un coupe-faim interdit en France depuis 2010 – à une dose deux fois supérieure à celle recommandée pour le médicament.

MYRIAM MALLET MARTINOT - SPCIMB

INTERVIEW **PR JEAN-MICHEL LECERF** Chef du service Nutrition à l'Institut Pasteur de Lille

DR

# « Cette tromperie a parfois des conséquences dramatiques »

**Aviez-vous connaissance de l'existence de compléments alimentaires adultérés ?**
Votre enquête conforte l'idée que j'avais, à savoir qu'il y a énormément d'escroqueries sur Internet. Mais je suis surpris par l'ampleur de la fraude. C'est inquiétant. D'autant plus qu'il existe des compléments alimentaires sains, conformes à la loi, qui ne trichent pas avec leur contenu, même si l'on peut discuter de leur effet placebo ou non. Je suis inquiet de cette tromperie qui peut avoir des conséquences dramatiques pour certains consommateurs.

**Que risque-t-on à prendre de la sibutramine, interdite en 2010?**
Ce coupe-faim est un inhibiteur de la recapture de la sérotonine et de la noradrénaline qui augmente le sentiment de satiété. Il donnait d'assez bons résultats sous suivi médical lorsqu'il était commercialisé sous le nom de Sibutral. Mais une enquête internationale*, baptisée Scout (Sibutramine Cardiovascular Outcome), à laquelle j'ai participé, a montré en 2010 que cette substance active augmentait le risque de mortalité chez les personnes obèses à haut risque (diabète, hypertension). Elle produisait des excès d'infarctus du myocarde et d'accidents cérébraux vasculaires. Certains malades doivent à tout prix l'éviter.

**Etes-vous surpris que l'on retrouve du rimonabant?**
La présence de rimonabant, substance active de l'Acomplia *(lire p. 51)*, dont la vente est interrompue depuis 2008 en Europe, me paraît encore plus grave. Cet antagoniste des récepteurs aux endocannabinoïdes – qui sont chargés de la régulation de l'appétit et de la dépense énergétique – permettait de perdre du ventre. Mais sa prise pouvait provoquer aussi des troubles psychologiques aux effets marqués, comme des crises de panique. Dans 5 % des cas, des patients ont même eu envie de se défenestrer. Il y a un risque d'envies suicidaires fortes. Je suis aussi surpris que l'on retrouve un laxatif tel que la phénolphtaléine dans ces compléments alimentaires. Son usage était déjà déconseillé il y a trente ans. Ce laxatif dérivé d'un goudron peut s'infiltrer dans la paroi intestinale avec un risque cancérogène. En règle générale, tous les laxatifs peuvent provoquer une perte de potassium et une mélanose (noircissement) des muqueuses intestinales, et sont donc à éviter.

**Propos recueillis par R. M.**

* *New England Journal of Medicine*, décembre 2010.

●●● *sont écoulés par les fraudeurs. ».* Le rimonabant, qui peut donner des idées suicidaires *(lire l'interview ci-dessus)*, a été décelé en France dans des échantillons analysés par les douanes.
*« Il est difficile de prévoir ce qu'on va trouver*, estime de son côté Leandro de Carvalho. *Il est donc essentiel de développer des méthodes analytiques sensibles et sélectives pour l'identification, comme pour la quantification. C'est très important d'un point de vue clinique comme toxicologique. »* Même son de cloche chez les spécialistes du Laboratoire de chimie biologique et de recherche sur les médecines chinoises traditionnelles de l'université du Hunan (7), en Chine, qui développent des techniques de *screening* (analyses rapides d'échantillons). Dans cette lutte contre la fraude, la méthode prônée par le groupe de recherche de Myriam Malet-Martino peut s'avérer précieuse *(lire également p. 51)*. Pour de nombreux chercheurs, l'avenir serait d'organiser des échanges sur les techniques et méthodes, de mettre en place des fichiers de matières premières et des produits analysés, pourquoi pas au niveau international, de partager les informations sur les saisines. On en est très loin. En France, les laboratoires de l'ANSM et ceux de la DGCCRF (Direction générale de la concurrence, de la consommation et de la répression des fraudes) et des douanes n'ont même pas de stratégie commune sur le sujet. **R. M.**

(1) Responsable du groupe de recherche résonance magnétique nucléaire (RMN) du laboratoire mixte université/CNRS Synthèse et physico-chimie de molécules d'intérêt biologique (SPCMIB).
(2) Analysis of adulterated herbal medicines and dietary supplements marketed for weight loss by DOSY 1H-NMR. *Food Additives & Contaminants*, 2010, http://2doc.net/r99jd
(3) « Chinese slimming capsules containing sibutramine sold over the Internet: a case series », *Deutsche Ärtzeblatt international*, mars 2009, http://2doc.net/trg5j
(4) RIVM report 2002-2007, trends in drug substances detected in illegal weight-loss medicines and dietary supplements, http://2doc.net/2fvy7
(5) « Presence of synthetic pharmaceuticals as adulterants in slimming phytotherapeutic formulations and their analytical determination », janvier 2011, http://2doc.net/q1n4m
(6) « X-ray powder diffractometry and liquid chromatography studies of sibutramine and its analogues content in herbal dietary supplements », *J. Pharm. Biomed. Anal.*, décembre 2011, http://2doc.net/8w1rd
(7) « Rapid screening of illicit additives in weight loss dietary supplements with desorption corona beam ionisation (DCBI) mass spectrometry », *Food Addit Contam.*, août 2012.

## Nos conseils

- Impératif : consulter son médecin avant de prendre n'importe quel complément alimentaire pour maigrir.
- Dans tous les cas, privilégier les grandes marques distribuées en pharmacie et parapharmacie.
- L'étiquetage doit indiquer clairement la dénomination de vente (« complément alimentaire »), le nom et la teneur des catégories de nutriments ou des substances entrant dans sa composition avec le pourcentage que cela représente par rapport aux AJR (apports journaliers recommandés), la dose journalière recommandée et des précautions d'emploi.
- Ne pas se fier aux allégations « 100 % naturel » qui cachent souvent des médicaments illicites.
- Fuir les sites Internet vantant des produits dans un français mal traduit de l'anglais. Beaucoup sont chinois. Gare aux labels affichant des noms aussi ronflants qu'imaginaires et aux recommandations de la World Obesity Society et autres entités dont l'existence reste à vérifier.

# Stimulation de l'érection : des gélules à haut risque

*Les deux tiers des compléments pour les troubles sexuels masculins prétendument naturels analysés par le laboratoire SPCMIB à Toulouse recèlent en fait des principes actifs comme celui du Viagra. Et parfois à des dosages dangereux.*

**La rengaine est toujours la même,** rassurante. *« Herbal Men Plus est 100 % naturel »*, *« Golden Root est à base de plantes »*. Sur Internet, des produits censés favoriser l'érection sont présentés comme d'inoffensifs cocktails d'herbes. Pourtant, dans ce secteur, l'escroquerie est massive comme le prouvent les analyses de Myriam Malet-Martino et de ses collègues Véronique Gilard et Stéphane Balayssac, du laboratoire mixte université-CNRS de Synthèse et physico-chimie de molécules d'intérêt biologique (SPCMIB) à Toulouse. *« Sur plus de 70 échantillons de compléments alimentaires pour le dysfonctionnement sexuel que nous avons analysés et qui sont vendus comme 100 % naturels, les deux tiers sont adultérés par des composés de synthèse (sildénafil, tadalafil, vardénafil) ou par des analogues de ces molécules qui n'ont pas obtenu d'autorisation de mise sur le marché (AMM) »*, résument-ils. Autrement dit, certains contiennent des substances actives proches de la dose maximale recommandée pour les médicaments *(lire fiches pp. 54-55)*. Comme ils l'ignorent, les consommateurs peuvent être tentés d'en abuser et mettre ainsi leur santé en danger. Entre 4000 et 15 000 sites Internet feraient commerce de ce type de produits selon l'European Society for Sexual Medicine, une estimation flottante qui témoigne de leur volatilité. Pour échapper aux contrôles, ces sites disparaissent régulièrement et se recréent aussi vite, sous un autre nom et avec une nouvelle adresse. Car le marché de la contrefaçon des médicaments en général est extrêmement lucratif : il oscillerait entre 60 et 165 milliards d'euros annuels, dont 14 milliards en Europe, selon l'Organisation mondiale de la santé (OMS). *« En Europe, plus de 2,5 millions d'hommes prendraient du sildénafil de contrefaçon, soit autant que de consommateurs de Viagra légal ! »*, estime Graham Jackson, du département de cardiologie de l'hôpital Saint-Thomas de Londres (1). Et parmi ceux qui se procurent ces médicaments sans prescription, 67 % l'achèteraient sur Internet. *« Les ventes de produits contre le dysfonctionnement érectile en dehors du système de santé dépassent probablement les ventes légales »*, expliquent Bastiaan Venhuis et Dries de Kaste, de l'Institut néerlandais pour la santé publique et l'environnement. *« Les compléments alimentaires adultérés occupent un segment à haut risque de ce marché »*, estiment les chercheurs qui ont épluché toute la littérature scientifique parue sur le sujet ces dernières années. Ainsi, des millions de comprimés frauduleux sont saisis chaque année dans le monde mais il est aujourd'hui impossible de se procurer des chiffres officiels sur le marché spécifique des « faux compléments naturels ». Malgré nos demandes répétées, l'OMS, Interpol, l'Oclaeps (Office central de lutte contre les atteintes à l'environnement et à la santé publique) ne nous en ont pas fourni, estimant ce marché illicite très difficile à quantifier.

Mais, spécificité du secteur, les réseaux de distribution ne se limitent pas à Internet. Lors de notre enquête, nous en avons retrouvé quatre en vente libre dans des sex-shops du boulevard de Clichy, à Paris. Où les vendeurs usent des mêmes arguments faussement rassurants, sous couvert de conseils avisés : *« Je recommande Vitalib Chrono, c'est un produit français, la qualité est garantie »*, nous a même assuré un employé. Français ? C'est peu courant dans ce milieu où les « potions » arrivent massivement de Chine. Sur une ●●●

BERNARD MARTINEZ POURSCIENCES ETAVENIR

**Pour échapper aux contrôles, les sites Internet qui commercialisent des compléments adultérés par des composés de synthèse ferment pour se recréer aussitôt sous un autre nom.**

# Les substances illicites dans les « érectiles »

**En avant-première, voici le résultat des analyses menées en 2011-2012 au SPCIMB de Toulouse sur quinze produits toujours en vente renfermant le principe actif d'un médicament *(ci-dessous)* ou un analogue.**

**Sildénafil :**
**molécule active du Viagra. Recommandation officielle 50 mg/jour, 100 mg maximum.**

**Tadalafil :**
**molécule active du Cialis. Recommandation officielle 10 mg/jour, 20 mg maximum.**

**Vardénafil :**
**molécule active du Levitra. Recommandation officielle 10 mg/jour (5mg chez les patients hépatiques), 20 mg/jour maximum.**

## Triple ExtenZen

**Composition déclarée :**
« All nature », « 100% herbal » (Lyco-pene, guarana, vitamine B12…)
**Fabrication/distribution :**
Kinzone International Industrial Co Ltd (Chine) ; Herbal Biological Technology Group Co Ltd, Hongkong ; Bio Power, San Diego (Etats-Unis).

**Produits similaires**
- Triple Power Zen, 85 mg.
- Man Up Now, 60 mg (alerte au Canada).
- Libigrow 20 mg.
- Stree Overlord 20 mg.

*Le dosage des sept produits est donné par gélule.

## Maxman

**Composition déclarée :**
« Supplément d'herbe 100 % naturel et sûr » (épimédium, nèfle, aubépine chinoise, fleur rouge tibétaine…).
**Fabrication/distribution :**
Greenbuy International Trade Co, Limited ; Green Slim International Industrial Ltd ; ShenZhen TMH Technology Co Ltd (Chine) ; MMC, Cincinnati (Ohio, Etats-Unis).

**Produits similaires**
- Viamax Power Sexy Coffee, sachet de poudre, 3 mg.
- Power strips, bandes sublinguales, 5 mg.

## Herbal Men Plus

**Composition déclarée :**
aphrodisiaque naturel « FDA approved » (approuvé par la FDA) (*Rodiola rosea*, *Panax ginseng*, *Radix astragali*).
**Fabrication/distribution :**
World Media Trading B.V, Assendelft (Pays-Bas) ; SARL JL diffusion, Robion (France).

●●● affichette vantant les actifs 100 % naturels de cette préparation, figure en effet une adresse dans le département du Val-de-Marne, qui n'apparaît pourtant ni sur l'emballage, ni sur Internet, ainsi qu'un numéro de téléphone. C'est donc l'un des rares « faux compléments alimentaires » dont nous avons pu remonter la piste en France. Lorsque nous appelons pour passer commande, une voix féminine répond avec aplomb à nos interrogations : *« Il n'y a pas de "trucs" louches dans notre produit. Nous ne le fabriquons pas nous-mêmes, mais nous en avons fait contrôler le contenu par un laboratoire qui l'a validé. »* Les analyses réalisées par le laboratoire de Toulouse révèlent pourtant que Vitalib Chrono est l'un des produits les plus frauduleux du marché ! Il contient deux molécules analogues du sildénafil, la molécule du célèbre Viagra. Autrement dit, le produit prétendument 100 % naturel n'est rien d'autre qu'un médicament illicite jamais testé cliniquement, dont l'usage peut se révéler très dangereux car ces molécules analogues n'ont pas reçu d'autorisation de mise sur le marché (AMM). Pourtant, devant nos demandes de garantie, la société qui distribue Vitalib Chrono nous fait parvenir, pour preuve de son honnêteté, « l'autorisation de la DGCCRF », la Direction générale de la concurrence, de la consommation et de la répression des fraudes. En réalité, il s'agit du simple récépissé de dépôt de déclaration auprès de cette direction du ministère de l'Economie et des Finances. Car, contrairement aux médicaments, les compléments alimentaires n'ont pas besoin d'AMM, juste d'une simple déclaration deux mois avant leur commercialisation. Or, de l'aveu même de l'administration, *« démontrer l'existence d'un éventuel risque sanitaire pour le consommateur dans un délai de deux mois, en l'absence de tout dossier constitué […] n'est pas acceptable en termes d'évaluation des risques »* (2). Les producteurs ou distributeurs ont donc la possibilité de vendre leur produit illicite un certain temps avant d'être éventuellement inquiétés.

On ignore à peu près tout des victimes de ce trafic : les consommateurs. Pour une raison simple : *« Ils ne s'en vantent pas auprès de leurs médecins ! »*, témoigne l'urologue Stéphane Droupy, du CHU de Nîmes *(lire l'interview p. 56)*. Sont-ils dupes ou complices ? Certains emballages, comprimés ou noms de marque évoquent en effet clairement les médicaments comme le Viagra : il est donc possible que les acheteurs sachent à quoi s'en tenir. Mais d'autres peuvent être induits en erreur, faussement rassurés comme le suggère le commentaire laissé par un internaute de 60 ans sur un site recommandant les gélules Golden Root+ *(voir fiches ci-dessus)* qu'il dit utiliser après un accident vasculaire cérébral : *« Je dois dire que je suis ravi ! »* écrit-il. Avec ses antécédents médicaux, la consommation d'un analogue du Viagra met clairement sa santé en danger.

*« Certains de nos résultats ont été publiés mais les produits sont toujours en vente ! »* regrettent les chercheurs de Toulouse. Ainsi, le Power Tabs a été retiré du marché en avril dernier, alors que l'équipe avait publié dès 2009, dans *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis* (3), un article montrant qu'il contenait un nouvel analogue

## Germany Niubian

Toxicité et dosage maximum du mélange inconnus.
**Composition déclarée:** *Rhynchosia*, poudre de gecko, ginseng, *Ginkgo biloba*…
**Fabrication/distribution :** Kinzone International Industrial Co Ltd, ShenZhen TMH Technology Co Ltd ; Ce-328, Haikou (Chine) ; Xin Wei Hong Kong Biotechnology Ltd.

## Max Viril

Analogue du sildénafil.
Toxicité et dosage maximum inconnus.
**Composition déclarée :** « Supplément diététique 100 % naturel », « Savant mélange de plantes contrôlé avec soin » (*Rhodiola*, *Damiana*, noix de muscade, ginseng…).
**Fabrication/distribution :** Topform, Luxembourg et Paris XII[e].

**Produit similaire**

- Manpower, contenant un autre analogue, le nitrosoprodénafil (100 mg) par gélule.

## Golden Root +

Un analogue du sildénafil plus un médicament alcaloïde autorisé pour l'impuissance masculine.
Toxicité de l'analogue, toxicité du mélange et dosage maximum inconnus.
**Composition déclarée :** « herbes naturelles », « savant dosage de plantes » (*Rhodiola*, épimédium, ginseng, guarana…).
**Fabrication/mise sur le marché :** ShenZhen TMH Technology Co Ltd; Guangzhou Romano Co Ltd (Chine); Funline International Ltd, Londres (Royaume-Uni).

## Vitalib Chrono

Deux analogues du sildénafil.
Toxicité individuelle et du mélange inconnus ; dosage maximum inconnu.
**Composition déclarée :** « Actifs 100 % naturels » (ginseng, astragale, *Rhodiola*…)
**Fabrication/mise sur le marché :** LIQLIPH Ltd, Chypre. JTC, Chevilly-la-Rue (Val-de-Marne, France).

**Produits similaires :**

- Men Plus : thiosildénafil (45 mg) ; hydroxythiohomo-sildénafil (47 mg) par gélule.
- iErect : dépipérazinothio-sildénafil (14 mg) ; thiosildénafil (95 mg par gélule).

BERNARD MARTINEZ POUR SCIENCES ET AVENIR

du sildénafil encore jamais décrit. Mais cet article détaillait également 16 autres produits, dont sept adultérés pour les troubles de l'érection ou pour maigrir. La publication semble être passée inaperçue, ou n'avoir pas été suivie d'effets, puisque certains d'entre eux sont toujours disponibles sur Internet. En octobre 2011, les experts toulousains ont même publié la découverte d'un nouvel analogue du sildénafil *(4)*, en analysant le produit iErect *(voir fiches ci-dessus)*. Au moment de notre enquête, on pouvait toujours se les procurer.

En fait, c'est à une véritable course aux analogues que se livrent les trafiquants en changeant sans cesse la formule de leurs produits pour tenter d'échapper aux éventuels contrôles. *« En 2003, on n'avait identifié qu'un seul analogue. En 2011, au moins 46 analogues différents du sildénafil, du tadalafil et du vardénafil ont été rapportés par la littérature scientifique et d'autres sont attendus »*, détaillent les Néerlandais Bastiaan Venhuis et Dries de Kaste, qui se sont intéressés à cette course folle dans une étude à paraître (5). Les fraudeurs piochent selon eux dans les brevets qui décrivent les procédés de fabrication des substances actives et qui leur offrent une *« approche flexible pour synthétiser des centaines d'analogues »*. Et ce sont les consommateurs qui risquent d'en faire les frais. *« Les analogues sont des substances actives expérimentales par essence, parce que leur profil d'efficacité et de sécurité n'a jamais été établi. Leur utilisation dans des compléments alimentaires réputés sans danger devrait causer de sérieux effets indésirables. Mais les cas sont probablement sous-déclarés pour le moment »*, estiment les deux chercheurs.

Toutefois, au cours de notre enquête, nous avons découvert que certains analogues étaient depuis peu signalés comme n'étant plus disponibles, voire interdits à la vente en France. C'est notamment le cas de Maximen Pills et de Start Up for Him. Les fabricants ou les gérants des sites qui en font la promotion ont donc sans doute été sommés de les retirer. Mais sans qu'aucune information n'ait été donnée au grand public. Pourquoi une telle discrétion ? Nous ●●●

## Conseils pratiques

- Consulter son médecin en cas de troubles de l'érection, sans jamais céder à l'envie de consommer des compléments alimentaires à l'origine douteuse.
- En cas de prescription médicale, toujours acheter ses médicaments dans une pharmacie.
- Gare aux sites Internet qui vendent ces médicaments ou d'autres produits sans exiger d'ordonnance : ils écoulent généralement des contrefaçons au mieux inefficaces, au pire dangereuses.
- Ne jamais se fier aux allégations « 100 % naturel » qui cachent la plupart du temps des médicaments illicites.
- Enfin, pour une meilleure hygiène de vie, faire un bilan régulier de sa santé à partir de 45-50 ans, boire modérément de l'alcool, pratiquer une activité physique et perdre du poids. Selon le Pr Stéphane Droupy, *« 10 % de poids en moins, c'est 30 % de fonction érectile en plus »*.

INTERVIEW **STÉPHANE DROUPY** Urologue et andrologue*, CHU de Nîmes

DR

# « Une partie de la contrefaçon est soutenue par le crime organisé »

**Quels risques les consommateurs de faux compléments alimentaires contre les troubles de l'érection courent-ils pour leur santé ?**
Des risques sérieux et réels, à leur insu, car certains médicaments illicites contenant des substances du type sildénafil ont une efficacité et les gens les rachètent. Il y a tout d'abord les effets indésirables habituels : maux de tête, rougeurs sur le visage, indigestion, vertiges, nez bouché, palpitations, troubles de la vision, hypotension… Plus grave, pris en association avec des dérivés nitrés (les médicaments prescrits en cas de crise d'angine de poitrine, d'insuffisance coronarienne ou d'infarctus), le Viagra, le Levitra ou le Cialis (ou leurs substances actives) peuvent entraîner une chute brutale de la tension artérielle. Les personnes qui ont eu un accident vasculaire cérébral doivent éviter ces substances pendant six mois. *Idem* pour ceux qui ne sont pas capables de monter à pied deux étages sans s'arrêter et à qui l'activité sexuelle est déconseillée.
Malheureusement, en cas de problème, le médecin ne saura pas à quoi l'attribuer, car les patients se vantent rarement d'avoir consommé des produits achetés sur Internet. Tous les praticiens devraient poser systématiquement la question. Il serait donc utile de savoir ce qu'il y a dans les différents produits frauduleux disponibles sur le marché, lorsqu'ils ont été analysés.

**Que peut-on redouter des analogues retrouvés dans ces produits ?**
On n'a aucune idée de leurs effets secondaires, de leur toxicité éventuelle, ni de leur profil bénéfices/risques. Une nouvelle molécule pourrait avoir un effet délétère sur la fertilité, le fonctionnement des spermatozoïdes par exemple… Certains de ces analogues ont probablement été testés par les grands laboratoires qui ont préféré les écarter au profit d'autres molécules. C'est un problème important de santé publique. Une partie de la contrefaçon de médicaments et de la mise en vente de ces produits dangereux est soutenue par le crime organisé, car ce marché rapporte plus, avec moins de danger, aux trafiquants que la vente de drogue ou d'armes. Les produits peuvent contenir des produits frelatés, du talc, des benzodiazépines, et les comprimés sont parfois teintés à l'encre d'imprimerie.
Le blister peut être magnifique, porter une adresse dans l'Arkansas (Etats-Unis), mais il peut être fait n'importe où, dans une bétonneuse en Egypte, une usine en Chine ! Il n'y a aucune traçabilité.

**Ne pas consulter de médecin pour soigner ces troubles peut-il comporter un risque ?**
Oui, car les troubles de l'érection peuvent être un symptôme sentinelle de la maladie coronarienne. 30 % des personnes chez qui apparaît un problème d'érection développeront des crises d'angines de poitrine, voire un infarctus dans les trois à cinq ans qui suivent. Le médecin cherchera une cause au problème d'érection qui peut être une hypertension, un diabète, une hypercholestérolémie, une dépression. Faute d'être diagnostiquées, ces maladies peuvent s'aggraver.

**L'usage récréatif, en dehors de toute dysfonction érectile, est-il dangereux ?**
On ne peut éliminer un risque de priapisme, une affection grave qui se traduit par des érections anormalement longues, douloureuses et qui peuvent nécessiter une opération d'urgence sous peine de perdre définitivement toute capacité érectile. Peuvent en être victimes ceux qui consomment régulièrement, sans besoin, parce qu'ils ont des rapports fréquents et sont à la recherche de la performance. L'effet pervers peut être une perte de confiance en sa propre capacité à maintenir une érection sans médicaments. Résultat, on appréhende et on favorise les troubles érectiles. De fait, on voit arriver de plus en plus de jeunes en consultation. Ils font leur éducation sexuelle sur Internet et acquièrent une conception erronée de ce qu'est une érection normale et un rapport sexuel. Cela a un vrai impact sur la sexualité aujourd'hui.

**Propos recueillis par R. M.**

* Responsable du Comité d'andrologie et de médecine sexuelle de l'Association française d'urologie.

●●● avons cherché à en savoir plus auprès des administrations concernées, en l'occurrence l'ANSM (Agence nationale de sécurité du médicament et des produits de santé) et la DGCCRF. En vain. Elles ont refusé de s'exprimer sur ces interdictions, arguant qu'elles ne souhaitaient pas *«faire de la publicité à ces produits »* ou *« pointer du doigt une marque ou un fabricant »*. Une stratégie radicalement différente de celle de la FDA (Food and Drug Administration) américaine, beaucoup plus offensive *(lire p. 57)*. Les consommateurs peuvent donc être abusés sur les raisons du retrait du marché de certains produits. On peut ainsi lire sur un site de rencontres, en date du 1er juin, cette plainte d'un consommateur : *« Nos chères pilules Maximen Pills ont fait l'objet d'une suspension des ventes, décidée par un rond-de-cuir qui s'ennuyait ferme dans son bureau. On sait bien que cela dépasse l'efficacité des Viagra, Cyalis* (sic) *et autres saloperies chimiques, qui engraissent nos chers pharmaciens sur notre santé. On peut donc facilement comprendre le manque à gagner pour ces pauvres gens et l'interdiction de vente qui en a découlé. »* Cette idée – fausse – peut donc être propagée en toute bonne foi. Persévérante, l'équipe toulousaine s'apprête à publier un nouvel article, récapitulant cette fois toutes ses analyses des dernières années. De quoi provoquer enfin une réaction forte ? **R. M.**

(1) « Counterfeit phosphodiesterase type 5 inhibitors pose significant safety risks », janvier 2010, International journal of clinical practice, http://2doc.net/jp55i
(2) Afssa, avis relatif à l'évaluation d'un projet de décret relatif aux compléments alimentaires, saisine n°2005-SA-0186, 6 septembre 2005.
(3) « 2D and 3D DOSY 1H NMR, a useful tool for analysis of complex mixtures: Application to herbal drugs or dietary supplements for erectile dysfunction », *J. Pharm. Biomed. Anal.*, http://2doc.net/uykab
(4) « Identification of a novel sildenafil analogue: depiperazinothiosildenafilin an adulterated herbal supplement », *Jour. Pharm. Biomed. Anal.*, http://2doc.net/5kjms
(5) « Towards a decade of detecting new analogues of sildenafil, tadalafil and vardenafil in food supplements: A history, analytical aspects and health risks », *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, article sous presse.

Les douaniers (ici, à Roissy) sont en première ligne pour la saisie de compléments alimentaires adultérés qui viendraient principalement de Chine.

SEBASTIEN ORTOLA/REA

# Lutte contre la fraude : la France à la traîne

*La falsification des compléments alimentaires se développe à grande vitesse. Mais l'administration française semble dépassée par le problème, qui met pourtant en cause la santé publique. L'Europe aussi tarde à réagir.*

« **L'un des risques** *les plus importants pour la santé publique aujourd'hui en France et en Europe n'est pas, contrairement à ce que l'on pense, la contrefaçon de médicaments, mais la falsification de produits – typiquement les compléments alimentaires – par des substances actives de synthèse*, estime Alain Nicolas, professeur de chimie analytique à la faculté de pharmacie de Nancy. *Car il peut y avoir surdosage avec des principes actifs non contrôlés d'origine très variée, dont la synthèse n'est pas maîtrisée et dont l'action pharmacologique – potentiellement toxique – n'est pas nécessairement connue.* » Trois ans durant, jusqu'en avril, cet expert a été directeur des Laboratoires et Contrôles (DLC) (1) de l'Agence nationale de sécurité du médicament (ANSM). Sous sa houlette, l'institution – qui compte 200 agents – a développé des méthodes, notamment le *screening*, pour détecter ces produits. Mais ces tests se sont limités *in fine* à quelques dizaines d'échantillons, faisant l'objet d'une seule publication scientifique sur les compléments alimentaires adultérés en 2011 (2). Lors de son mandat, Alain Nicolas avait même enjoint l'un des laboratoires de l'agence, celui de Montpellier-Vendargues spécialisé justement dans ces « produits frontière », de se rapprocher du groupe de recherche SPCMIB de Toulouse. Depuis son départ, les analyses de routine, concernant des produits mis sur le marché par des industriels et qui seraient conformes à 97 %, semblent avoir repris le dessus.

*« Peu de monde prend le problème au sérieux »*, reconnaît Alain Nicolas, l'un des très rares connaisseurs du dossier à s'exprimer sur le sujet. Obtenir des informations fiables sur les « compliments alimentaires adultérés par des substances médicamenteuses » en France et en Europe est en effet particulièrement ardu, comme si ces produits se trouvaient dans l'angle mort des autorités sur un marché illicite déjà difficile à quantifier. Au cours de notre enquête, nous avons contacté les autorités concernées : ANSM, DGL (Direction générale de la santé), Anses (Agence nationale de la sécurité sanitaire de l'alimentation de l'environnement et du travail), EFSA (European Food Safety Authority), OMS (Organisation mondiale de la santé), DGCCRF (Direction générale de la concurrence, de la consommation et de la répression des fraudes), Douanes, Oclaeps (Office central de lutte contre les atteintes à l'environnement et à la santé publique) et Interpol, sans obtenir de réponses à la majorité de nos questions. Premier constat : l'ANSM et la DGCCRF se renvoient la balle. Cette dernière est, en principe, responsable des compléments alimentaires. Elle est même en ●●●

## Un code de bonnes pratiques pour protéger les sportifs du dopage

C'est une démarche qui devrait protéger les sportifs et pourrait en inspirer d'autres : depuis le 14 juin, une nouvelle norme Afnor permet aux consommateurs d'identifier les compléments alimentaires exempts de produits dopants. Ce marché, notamment sur Internet, est l'un des plus frelatés, estime en effet la FDA américaine, un avis partagé par Alain Nicolas, ancien directeur des Laboratoires et Contrôles de l'Afssaps (aujourd'hui ANSM). On y trouve notamment des stéroïdes androgéniques anabolisants – une classe d'hormones stéroïdiennes liée à la testostérone – ou leurs analogues. Leur utilisation peut avoir des conséquences désastreuses sur le plan sportif (sanctions) comme sur le plan médical, car elle peut provoquer des lésions hépatiques aiguës et augmenter le risque cardiaque et celui d'accident vasculaire cérébral. En pratique, il suffira désormais de repérer sur l'emballage la mention NF V 94-001 pour identifier un produit exempt de stéroïdes anabolisants. De son côté, « *l'industriel devra vérifier que les ingrédients qu'il utilise ne contiennent pas de substances interdites, dont la liste est publiée chaque année par l'Agence mondiale contre le dopage*, explique Bernadette Ruetsch, chef de projet Afnor, qui a développé cette norme à la demande du ministère des Sports. *Il mettra en place des bonnes pratiques, assez proches de celles pour éviter la présence d'allergènes (maîtrise des ingrédients, des fournisseurs, propreté des locaux…). Il devra aussi avoir une "échantillothèque" dans laquelle il conservera les échantillons de ses produits finis à des fins de contrôle. Il pourra alors apposer une mention spécifique sur son produit, sous son entière responsabilité* ». Le principe repose en effet sur la bonne foi. **R. M.**

RONCHAPPLESTOCK/CORBIS

Les compléments alimentaires sans stéroïdes anabolisants afficheront une mention spécifique.

●●● première ligne, car elle dispose de laboratoires communs avec la douane qui analysent les échantillons saisis dans les aéroports et les ports et, parfois, en provenance d'Internet. Mais dès lors que ceux-ci contiennent des principes actifs relevant du médicament, elle renvoie la responsabilité à l'ANSM… qui se défausse aussitôt, puisque sa mission n'est pas de surveiller les compléments alimentaires mais les médicaments. Deuxième constat : l'ANSM, la DGCCRF et Interpol disposent bien de cellules de veille sur Internet, mais reconnaissent que celles-ci sont certainement insuffisantes vu « *l'ampleur probable du trafic* » et la multiplicité des sites. Il nous a été impossible d'obtenir un compte rendu de leurs activités récentes. Même réticence du côté des services de la douane. Nous avons pu cependant établir qu'ils avaient testé positivement plus de 700 échantillons depuis 2008, et que la détection de substances médicamenteuses s'accélère ces dernières années. Malheureusement, de façon incompréhensible, l'experte responsable de ces analyses – qui avait pourtant présenté ces résultats dans un colloque en octobre 2011 à Strasbourg – n'a pas été autorisée à nous parler. Il nous est donc impossible de connaître l'origine de ces produits, ou de déterminer s'ils ont été ou non retirés du marché.

Cette rétention d'informations en France est d'autant plus surprenante que la Food and Drug Administration (FDA) américaine communique, elle, très volontiers sur le sujet, considérant même la fraude des compléments alimentaires adultérés comme l'un de ses « *plus gros soucis* ». « *Ces dernières années, la FDA a lancé l'alerte auprès des consommateurs sur près de 300 produits*, résume Michael Levy, directeur de la division Nouveaux Médicaments et règles d'étiquetage à l'agence américaine. *Notre action a deux volets : le bureau d'investigations criminelles essaye de remonter la filière, et nous informons les consommateurs des produits à éviter dès que des analyses ont été faites.* » Des listes sont régulièrement mises à jour *(voir Pour en savoir plus)* et des systèmes d'alerte courriels ont été mis en place. Même volontarisme affiché à Singapour où la Singapore's Health Sciences Authority (HSA) a choisi d'ouvrir un compte twitter pour signaler au plus vite les produits frauduleux. Il faut dire qu'entre janvier et mai 2008, la consommation de médicaments contrefaits et de compléments naturels adultérés a envoyé 150 patients à l'hôpital, provoquant sept comas et quatre décès. Les produits étaient frelatés avec de la sibutramine, du sildénafil et du glibenclamide, un antidiabétique.

J.P.AMET/FEDEPHOTO

**Le laboratoire commun de la Douane et de la DGCCRF détecte de plus en plus de substances médicamenteuses dans les échantillons saisis.**

*« Les noms des fabricants sur les boîtes étant fictifs, nous ne savons pas s'il s'agit d'un acte délibéré ou accidentel. Mais notre hypothèse est que ces contaminations multiples et simultanées de plusieurs marques de produits venaient d'une même source, hors de nos frontières,* souligne l'endocrinologue Shih Ling Kao, de l'hôpital de Singapour. Au cours de notre enquête, la majorité de nos interlocuteurs nous ont indiqué suspecter en effet des usines de médicaments – notamment asiatiques – de fabriquer également des contrefaçons et des compléments alimentaires adultérés qui inondent le marché. *« C'est plausible,* confie un spécialiste américain. *La FDA est incapable pour l'instant – faute de temps, de moyens et d'autorisations locales – d'inspecter les 2394 entreprises étrangères – au moins – qui fabriquent des médicaments vendus aux Etats-Unis. Rien qu'en Chine, le taux d'usines jamais inspectées était de 88 % sur 920 en 2010, selon un rapport de la Cour des comptes américaine. Et leur nombre a probablement explosé depuis. »*

Tous les regards se tournent plus précisément vers la Chine. Beaucoup de compléments alimentaires adultérés pourraient provenir du Guangdong, une province hyperindustrialisée du sud du pays, frontalière avec Hongkong. Certains emballages de compléments alimentaires adultérés que nous avons épluchés, et surtout les sites Internet qui en faisaient la vente, nous ont ainsi conduits vers une plate-forme de commerce avec la Chine, censée garantir l'honnêteté et le sérieux de ses adhérents avec force labels ! Là, une majorité d'entreprises du Guangdong se flattait de fabriquer ou de distribuer en gros les produits amaigrissants et érectiles frauduleux. Avec, à l'appui, photos du siège social, de blouses blanches rassurantes, d'ateliers de fabrication high-tech, etc. De très jolies vitrines virtuelles pour une escroquerie délétère.

L'Europe semble à la traîne dans sa lutte contre la fraude. Ainsi, seul un café contenant de la sibutramine a fait l'objet d'une alerte communautaire rapide en 2010 (3). L'information sur les produits suspects circule entre Etats membres, mais chaque pays peut décider ou non d'en faire part aux consommateurs. Une lourdeur que Guillaume Cousyn, responsable des compléments alimentaires à la DGCCRF explique en partie, en France, par des contraintes juridiques. Pour faire la preuve d'une adultération d'un produit, la procédure contradictoire exige en effet trois prélèvements, pour que le vendeur ou le fabricant puisse contester les analyses. Encore faut-il que la marque ait une adresse française et des entrepôts où saisir des échantillons, ce qui est rarement le cas. Pour Alain Nicolas, la solution passe par la création de laboratoires d'excellence européens spécifiques, répartis entre les Etats membres, équipés des meilleures équipes et appareillages – comme celle de Toulouse *(lire p. 49)* – mais aussi de systèmes d'assurance qualité leur permettant de porter leurs analyses devant n'importe quel tribunal. L'Europe prendra-t-elle enfin le sujet au sérieux ? Espérons-le. Et qu'à défaut d'éradiquer la fraude, elle se décidera, à l'instar des Etats-Unis, à se donner les moyens d'alerter dûment le public.

**R. M.**

1) La Direction des laboratoires et contrôles (DLC) est devenue depuis la Direction des contrôles.
2) « Detection of hazardous weight-loss substances in adulterated slimming formulations using ultra-high-pressure liquid chromatography with diode-array detection », *Pub med*, dec 2011. http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22150438
3) Europa Food Safety. http://ec.europa.eu/food/food/rapidalert/index en.htm

## Pour en savoir plus

@ **Sites d'alertes de la FDA** (en anglais) :
- Produits rappelés entre 2007 et 2012 : http://2doc.net/ahvfp
- Alertes sur les produits érectiles adultérés: http://2doc.net/5bbdw
- Alertes sur les amaigrissants : http://2doc.net/i1uxb
- Outils et flux RSS : http://2doc.net/5qeo1

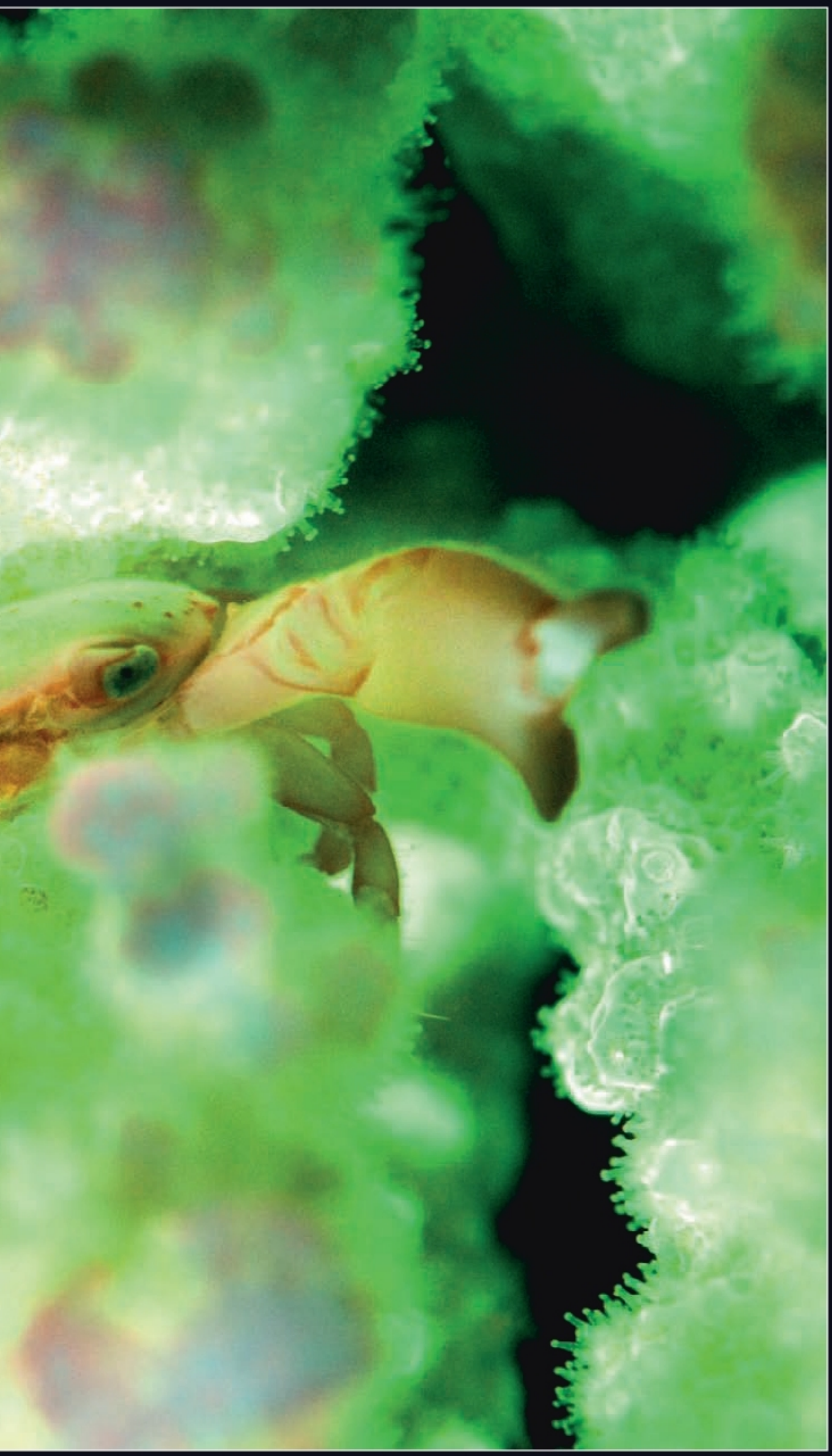
**Mises en garde de l'Agence nationale de sécurité du médicament :** http://2doc.net/nse0g

# Le monde secret des animaux fluo

*Eclairés en ultraviolet, ces animaux marins se parent de couleurs incroyables. Depuis dix-sept ans, la photographe Louise Murray traque ces espèces fluorescentes pour en offrir des images spectaculaires.*

## Le crabe timide

Tapi dans les branches d'un corail de la famille des *Pocilloporidae* qui lui apporte abri et lumière, ce crabe porcelaine (*Pisidia longicornis*) se restaure. C'est la photo préférée de Louise Murray parce que ces petits animaux, très timides, sont difficiles à approcher (mer Rouge, Egypte).



**Des verts flamboyants**, des rouges et des jaunes coruscants… les férus de plongée ont rarement vu les fonds marins de cette manière. Et pour cause, il y a un truc : pour révéler la luminosité cachée des animaux marins, il faut… éteindre la lumière ! Plus précisément attendre la nuit, afin que la lumière solaire ait disparu, et éclairer les spécimens photographiés en ultraviolet à l'aide d'un projecteur de lumière noire. Certaines espèces de coraux ainsi que les animaux dotés de pigments photosensibles, comme le plancton, réagissent alors à l'excitation du rayonnement UV en réémettant cette lumière sous différentes couleurs, se mettant à briller de mille feux ! *(Voir l'infographie p. 62.)*

Plusieurs molécules possèdent la capacité de rutiler ainsi sous l'ultraviolet. La mieux connue est la GFP (sigle anglais pour « protéine verte fluorescente »), qui équipe la méduse, et dont la découverte ainsi que le décryptage de la séquence génétique et son exploitation à des fins scientifiques ont valu à ses auteurs le prix Nobel de médecine 2008.

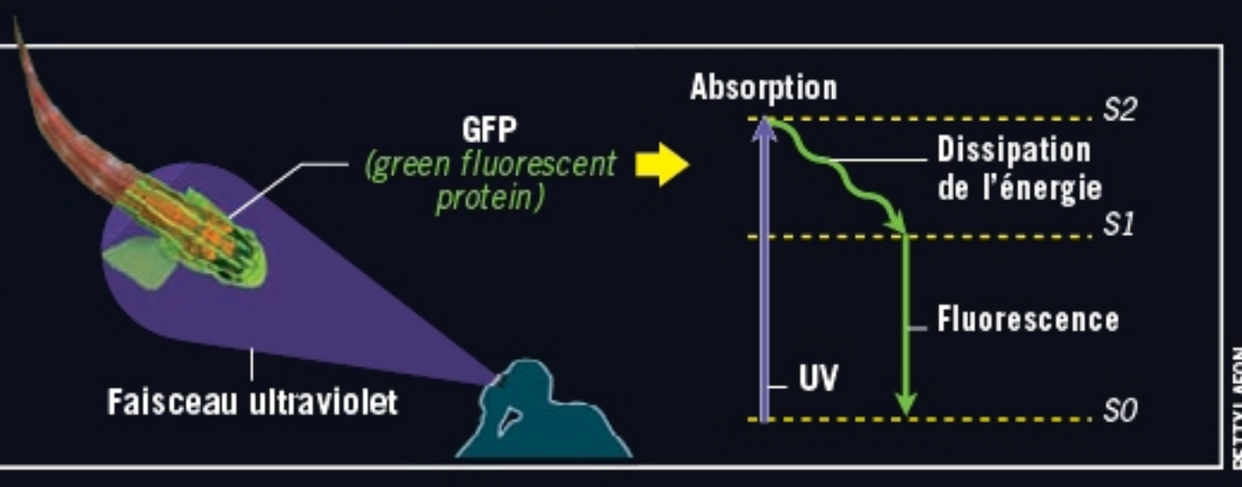
On ignore toujours l'utilité de ce phénomène dans le monde animal. Pour les espèces les moins profondes, il s'agit sans doute d'un filtre qui les protège des violents UV solaires selon un mécanisme non élucidé. Plus généralement, la fluorescence permet à certaines espèces d'effrayer leurs prédateurs ou de se reconnaître entre elles et de se courtiser.

Voilà près de dix-sept ans que la photographe américaine Louise Murray s'est prise de passion pour la réalisation de ces clichés spectaculaires. Un sacerdoce : progresser dans le noir le plus total à 25 mètres de profondeur à la seule lueur des espèces fluorescentes peut se révéler dangereux. « *Lors de prises de vue en novembre dernier dans la baie de Tondoba, en Egypte,* raconte-t-elle, *j'ai fait une mauvaise rencontre avec un oursin invisible, qui m'a planté plusieurs piquants dans la main gauche. Mes doigts se sont mis à enfler. Le dernier piquant n'est sorti que le mois dernier…* »

**Hervé Ratel**

**Photos : Louise Murray/SPL/Cosmos**

Les molécules fluorescentes, dont sont dotés certains animaux, ont la propriété d'absorber de l'énergie lumineuse ultraviolette et de la restituer sous forme de lumière visible. Les UV ont une courte longueur d'onde (entre 100 et 380 nm), ce qui correspond à une grande énergie emmagasinée (niveau S2). Après dissipation d'énergie, l'énergie réémise est plus faible (niveau S1), d'où une longueur d'onde plus élevée, dans le visible (entre 380 et 780 nm, du violet vers le rouge).



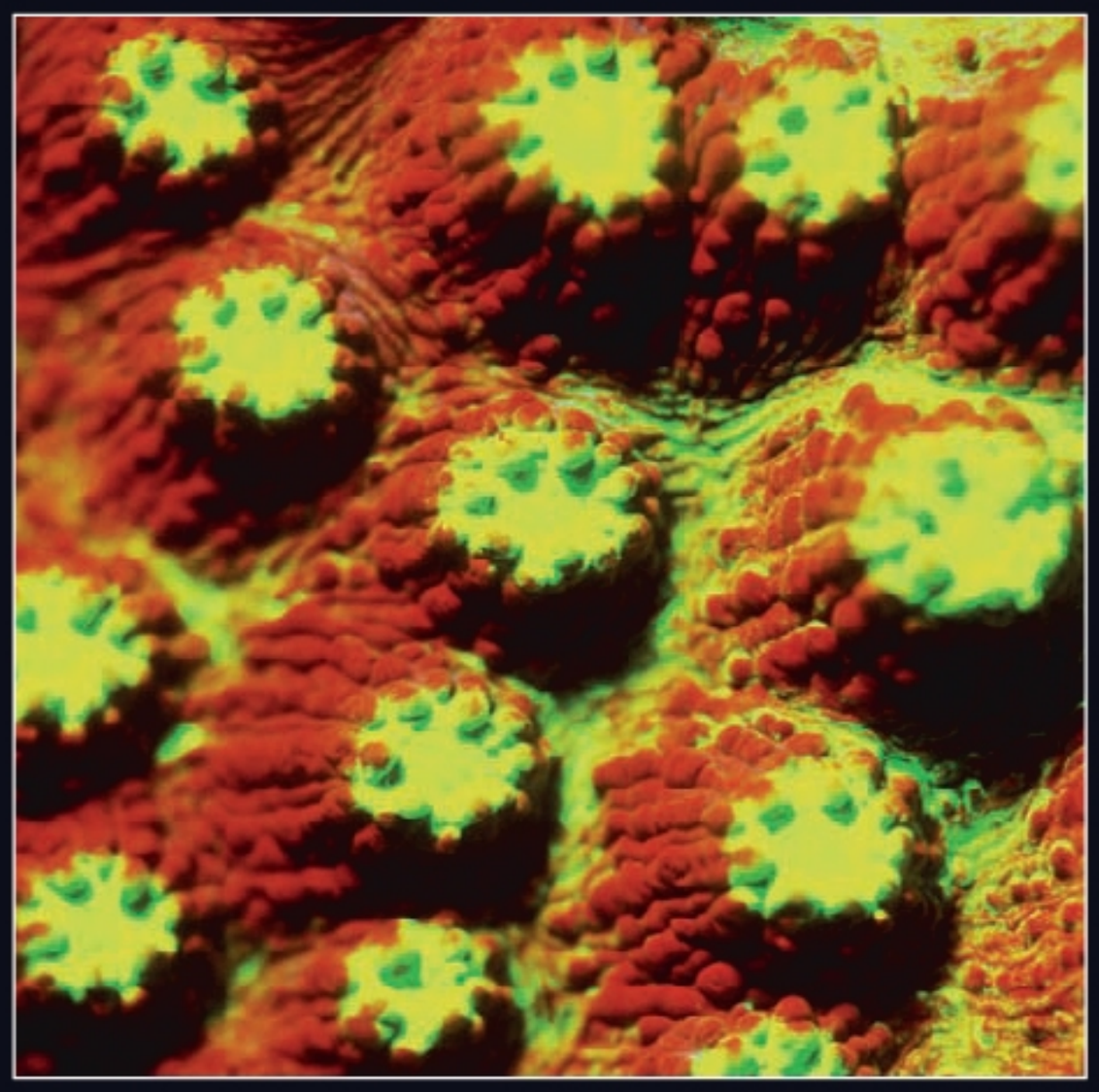

BETTY LAFON

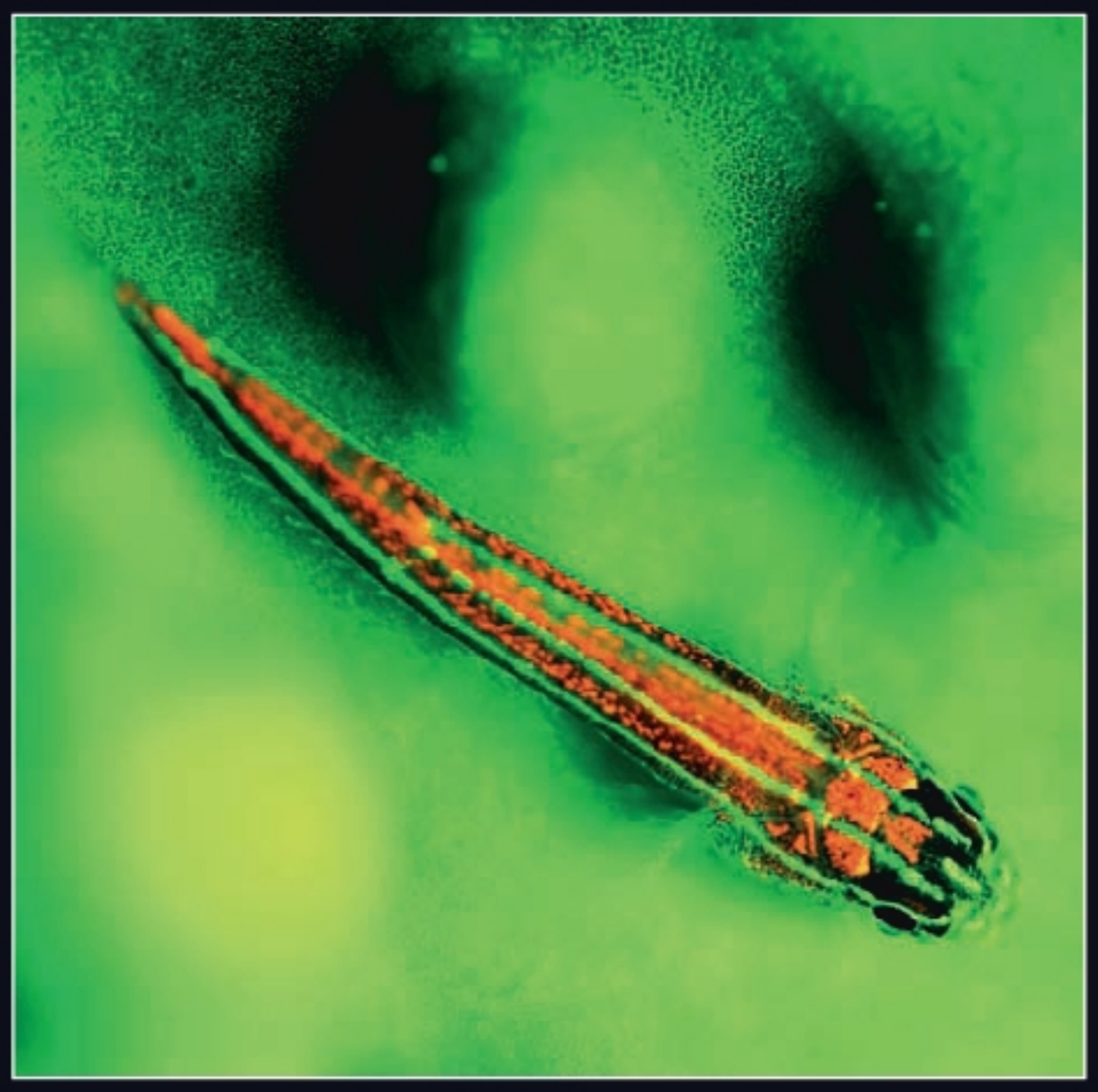
## Le guet du prédateur

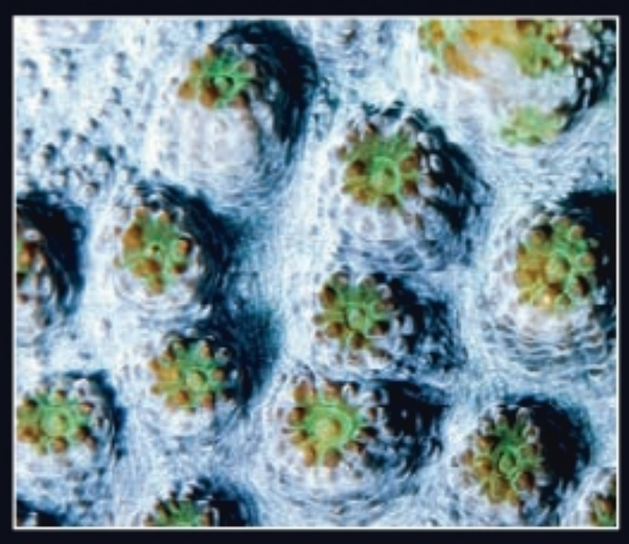
A demi enfoui sous le sable, un poisson-lézard de la famille des *Synodontidae* attend le passage d'une proie. En journée, il serait totalement invisible (mer Rouge, Egypte).

## Nid douillet

Un bernard-l'ermite des récifs (*Dardanus lagopodes*), perché sur son corail, a trouvé un abri dans une coquille de gastéropode (mer Rouge, Egypte).







## Bouche multiple

Un corail *Plesiastrea* dévoile une fluorescence vert et rouge au niveau des polypes qui lui servent à capter la nourriture. Ci-contre, le même spécimen, éclairé en lumière naturelle (mer Rouge, Egypte).

## Recherche partenaire

Un poisson gobie au-dessus d'un corail. Sa fluorescence est un moyen de camouflage et un signal sexuel. Ci-contre, le même spécimen éclairé en lumière naturelle (Thaïlande).

## Peau-rouge

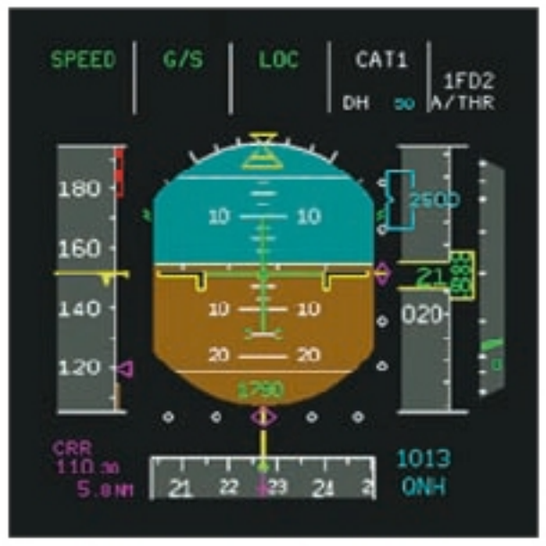
Cette palourde géante, d'un marron terne sous éclairage naturel, se met à briller d'une teinte rouge éclatante sous ultraviolet (mer Rouge, Egypte).

# Quand les pilotes restent sourds au danger

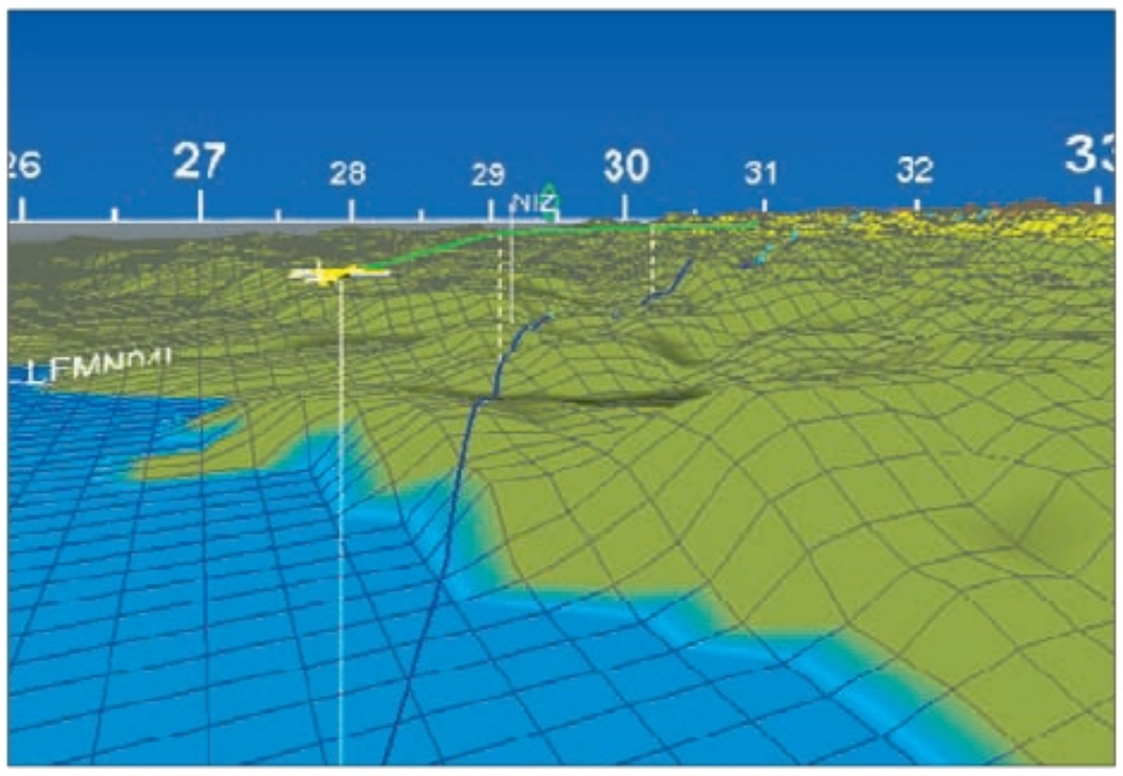
*Soumis au stress, face à une situation d'urgence, les pilotes d'avion sont parfois victimes d'un «effet tunnel». Ils deviennent alors sourds et aveugles aux signaux d'alerte. Un phénomène étonnant qui pourrait avoir affecté l'équipage du vol Rio-Paris, en juin 2009.*

JAMES KING-HOLMES, 2011

SOURCE : JEAN PINET




SOURCE : JEAN PINET




SOURCE : JEAN PINET

## L'œil rivé sur les écrans

**Lors d'un atterrissage stressant en raison des conditions météo ou d'obstacles naturels, le pilote doit pouvoir visualiser immédiatement les principaux paramètres afin d'évaluer correctement la situation. Dans un avion moderne (ci-contre), il est aidé entre autres par le Primary Flight Display qui concentre les données essentielles au pilotage (en haut à droite) et le Navigation Display qui donne la projection horizontale de la trajectoire à moyen terme (en haut à gauche). Un système en 3 D (ci-dessus) pourrait rendre plus intuitive la saisie du trajet : le trait vert figure la trajectoire à accomplir, le bleu sa projection au sol.**

## Qu'est-ce que le stress ?

Décrit pour la première fois dans les années 1940, c'est une réponse de l'organisme à une situation nouvelle qui se manifeste par la sécrétion, dans les glandes surrénales, d'hormones (adrénaline et noradrénaline) qui mettent le corps en alerte. Il se décompose en trois temps. D'abord une phase d'alerte (de quelques minutes à une heure) : les hormones libérées dans le sang augmentent la quantité d'oxygène et de glucose et facilitent ainsi l'irrigation des organes. Au-delà d'une heure, survient la phase de résistance, qui peut durer plusieurs jours et durant laquelle la pression artérielle augmente. Puis vient la phase d'épuisement, caractérisée par des pathologies cardio-vasculaires liées à une surstimulation de l'organisme *(lire* S. et A. *n° 757, mars 2010)*.

**Un petit avion** de tourisme entame son approche de la piste de l'aéroport de Megève, en Haute-Savoie. A bord, trois passagers : deux pilotes privés expérimentés, dont l'un est le responsable sécurité de l'aviation légère pour l'Europe, et un cameraman qui filme le vol. Soudain, une alarme retentit dans le cockpit. Les pilotes n'y prêtent aucune attention et se concentrent sur l'appareil qui les précède, dont ils craignent que la position ne gêne leur atterrissage. Quelques minutes plus tard, un grand fracas de tôle se fait entendre. Les pilotes viennent de toucher la piste… sans avoir sorti le train d'atterrissage ! Raison pour laquelle l'alarme n'a jamais cessé de sonner, sans que personne ne l'entende*.

Comment expliquer cette scène stupéfiante ? *« Par le phénomène de "tunnélisation"*, répond Frédéric Dehais, de l'Institut supérieur de l'aéronautique et de l'espace (Toulouse), qui travaille sur les problèmes liés aux facteurs humains dans l'aéronautique. *Les pilotes n'ont pas prêté attention à l'alarme car ils étaient focalisés sur un autre problème. Ils ont été victimes de ce que nous appelons une persévération, suivie d'une focalisation excessive de l'attention. »* Autrement dit, dans une situation de stress *(lire l'encadré ci-dessus)*, le cerveau peut s'engager de manière irraisonnée vers un seul objectif, même si celui-ci remet en question la sécurité. Comme celui de poursuivre coûte que coûte un atterrissage pourtant dangereux. Ce phénomène peut s'accompagner d'une incapacité à percevoir des signaux visuels et auditifs qui signalent une urgence. C'est ce qui est peut-être arrivé aux pilotes du Rio-Paris, en juin 2009 *(lire l'encadré p. 66)*. En aéronautique, ces phénomènes sont pris très au sérieux, comme le montre une étude du Bureau d'enquêtes et d'analyses (BEA) sur les accidents dans l'aviation de loisirs de 1991 à 1996. Et les chiffres sont éloquents. Dans 41,5 % des accidents mortels survenus durant cette période, le pilote s'est focalisé sur l'objectif d'arriver absolument à destination, malgré, le plus souvent, une météo défavorable. Est-ce la même situation pour les vols commerciaux ? Impossible de le savoir, aucune statistique n'étant disponible. Toutefois, une étude réalisée au Massachusetts Institute of Technology (MIT), à Cambridge (Etats-Unis), révèle que sur 2000 cas d'approche de la piste lors d'un orage violent, deux équipages sur trois persévèrent dans un atterrissage dangereux, en particulier s'ils ont accumulé du retard par rapport à l'horaire d'arrivée prévu.
Cette attitude peut aussi résulter d'enjeux financiers, essentiellement sur les compagnies *low cost* (à bas coût), où le coût des trajets est calculé au plus juste par les compagnies, en particulier en ce qui concerne le carburant. Mickaël Causse, de l'Institut supérieur de l'aéronautique et de l'espace (Isae), a consacré une partie de sa thèse de doctorat à l'étude du ●●●

# Vol Air France Rio-Paris : l'équipage n'a pas réagi à l'alarme

Le phénomène de « tunnélisation » expliquerait-il en partie la catastrophe du vol 447 d'Air France, qui s'est abîmé en mer au large du Brésil le 1er juin 2009? Une chose est sûre : l'alarme qui signalait que l'avion décrochait, c'est-à-dire tombait comme une pierre, a retenti continuellement pendant 54 secondes sans susciter de réaction de l'équipage. Le rapport final d'enquête, dévoilé par le Bureau enquêtes et analyses (BEA) le 5 juillet, décrit un équipage dont les performances cognitives se sont dégradées après une séquence d'événements inhabituels due au gel des sondes Pitot qui, en conséquence, ne donnaient plus la vitesse de l'avion *(lire* S. et A. *n° 772, juin 2011)*. Le pilote automatique s'étant déconnecté, l'équipage a alors tenté de diagnostiquer la situation, sans succès, ce qui a fait augmenter son stress de façon significative. Lorsque l'alarme s'est mise à sonner en continu, l'équipage ne s'est pas rendu compte du décrochage. *« Cela peut signifier que l'alarme a bien été entendue mais n'a pas été jugée pertinente. Mais cela peut aussi vouloir dire que l'équipage se serait focalisé sur les informations visuelles, au détriment de l'alarme sonore »*, explique Sébastien David, du BEA, qui a dirigé le groupe consacré aux facteurs humains pour l'enquête sur l'accident du vol 447.

PESCHEL/BEA.ECPADSIPA

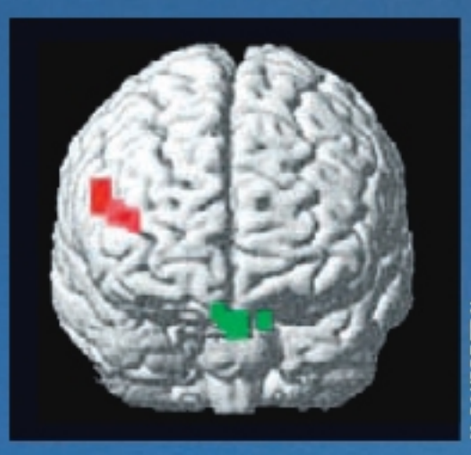
**Dans les conversations enregistrées par la boîte noire, aucune mention de l'alarme.**

Dans les enregistrements audio extraits des boîtes noires, l'alarme n'est jamais évoquée par l'équipage. *« Ce qui pourrait suggérer que les pilotes ont bien été victimes du phénomène de tunnélisation*, souligne Frédéric Dehais, de l'Institut supérieur de l'aéronautique et de l'espace. *Mais les données ne sont pas suffisantes pour le prouver. »* Raison pour laquelle le BEA n'a pas retenu cette hypothèse. En revanche, le phénomène de « persévération » semble bien s'être produit. Le pilote en fonction du vol 447 évoque en effet à plusieurs reprises une vitesse excessive de l'avion. *« L'équipage a pu persévérer dans ce diagnostic erroné de vitesse excessive, ce qui a nui à la résolution du problème »*, souligne Sébastien David.

BRUNO MARFINATI/AFP

●●● rôle du « facteur financier » chez les pilotes. Lors d'une expérience qu'il a réalisée avec l'Institut national de la santé et de la recherche médicale (Inserm), des pilotes volontaires ont été placés dans un appareil d'IRM (imagerie par résonance magnétique nucléaire) face à un simulateur de vol simplifié. Ils devaient prendre ou non la décision d'atterrir selon que l'avion était bien placé ou décalé par rapport à la piste. S'ils choisissaient de ne pas atterrir, ils devaient – comme dans la réalité – remettre les gaz. Des pénalités financières fictives sanctionnaient la surconsommation de carburant induite par cette manœuvre. Les résultats montrent que les pilotes sont davantage enclins à atterrir lorsque de l'argent est en jeu. Et qu'ils se crashent plus souvent. *« Ce n'est pas lorsque la position de l'avion est mauvaise au point de rendre l'atterrissage objectivement impossible que le risque est maximal, mais dans les situations ambiguës »*, explique Mickaël Causse. Certes, dans la réalité, les compagnies n'infligent pas de sanction financière immédiate à leurs pilotes, mais ceux-ci doivent justifier leur comportement. L'IRM montre que c'est le cortex préfrontal ventromédian qui s'active lorsqu'un enjeu financier intervient, une zone du cerveau responsable de l'intégration des données émotionnelles dans la prise de décision. Le reste du temps, c'est le cortex préfrontal dorsolatéral qui est à la manœuvre, une région où s'effectuent les tâches cognitives de haut niveau : calcul, planification, etc. En cas de stress, le cerveau « affectif » prendrait donc le pas sur le cerveau « rationnel ». *(Voir l'encadré p. 67.)*

Une autre étude réalisée au MIT montre également que les pilotes « s'auto-incitent » à atterrir à partir de quinze minutes de retard, à cause de la pression réelle ou supposée des passagers, de la nuit, de la position des autres avions… Dans tous les cas, leur capacité de



M. CAUSSE ET AL.

**La peur de la sanction**

Une simulation d'atterrissage stressant montre que si le pilote craint une sanction financière pour un éventuel retard, c'est son cortex préfrontal ventromédian (en vert), zone impliquée dans les émotions, qui s'active. S'il n'y a pas pénalité, il utilise son cortex préfrontal dorsolatéral, centre du calcul (en rouge).

RICHARD BOUHET/AFP

jugement est altérée. Ils sont moins sensibles à des arguments rationnels, les indications données par les instruments par exemple. Mais ces perturbations cognitives ont aussi un autre effet dans les cas de stress élevé : la communication avec le reste de l'équipage devient mauvaise, voire inexistante, une situation favorable au phénomène de tunnélisation. Sur le plan neuropsychologique, c'est le thalamus qui est en cause. Cette structure ovoïde du cerveau réceptionne et relaie toutes les informations sensorielles vers le cortex cérébral, en particulier celles de la vision. Plus précisément, une région du thalamus appelée pulvinar contrôle la capacité du cerveau à s'orienter, en fonction des besoins, vers telle ou telle information disponible dans l'environnement. Les personnes ayant subi une lésion de cette région ont du mal à rechercher de l'information visuelle pertinente. « *Chez les sujets normaux, l'effet du stress semble être équivalent à une lésion temporaire de cette région* », explique Frédéric Dehais. D'où le risque de passer à côté d'informations importantes. A cela s'ajoute le fait que le cerveau n'accorde pas la même priorité aux différents stimuli. « *Chez l'être humain, le visuel est plus riche en informations que l'auditif. Il est donc mobilisé de façon prioritaire. Du coup, les aires du cortex cérébral qui traitent l'audition peuvent être inhibées en premier. Chez un pilote, cela explique qu'il puisse ne pas entendre les alarmes* », poursuit Frédéric Dehais.

Une expérience récente menée avec l'Inserm semble confirmer que les aires visuelles peuvent atténuer de façon très précoce le traitement d'une alarme auditive en situation d'atterrissage si celle-ci est conflictuelle avec les informations visuelles du cockpit. « *Si la situation perdure, les performances de l'aire visuelle sont à leur tour amoindries, et certaines indications affichées sur le tableau de bord peuvent ne pas être perçues* », souligne le chercheur. Autant de handicaps qui rendent très difficile la bonne résolution d'une situation délicate. C'est le cas par exemple quand se produit un « cisaillement », lorsque le vent présente successivement deux directions opposées à l'aplomb d'un gros nuage. En cours d'atterrissage, ce phénomène peut faire décrocher (chuter) l'avion. Les indicateurs de vitesse donnent alors des informations incohérentes sur lesquelles les pilotes risquent de se focaliser, au détriment, par exemple, d'une alarme signalant que le train d'atterrissage n'est pas sorti.

**L'entraînement ne permet pas de tester les capacités de réaction à l'imprévu**

Lutter contre ces troubles passe tout d'abord par une révolution culturelle. « *Il faut abandonner l'idée que le cerveau humain peut tout faire. Certes, dans 999 cas sur 1000, il est parfaitement compatible avec le pilotage. Mais pas si un événement inattendu survient* », affirme Jean Pinet, ancien pilote d'essais sur Concorde. Cet expert a soutenu l'an dernier une thèse de psychologie dans laquelle il a établi un modèle dynamique du comportement cognitif des pilotes, en le découpant en séquences. Il l'a ensuite testé sur plusieurs cas de catastrophes aériennes dont les rapports détaillaient les actions et les conversations de l'équipage. Dans tous les cas, assure-t-il, le phénomène de tunnélisation de l'attention est apparu. Pour limiter les risques, Jean Pinet préconise donc d'alléger la « charge cognitive » en simplifiant le poste de pilotage. Il a imaginé une représentation synthétique, en 3D, qui offrirait une vue globale des principaux paramètres de l'avion. Un brevet a été déposé, aujourd'hui propriété d'Airbus. Impossible de savoir si l'avionneur européen compte l'exploiter dans ses appareils. Toutefois, cette simplification ne suffirait pas à éviter complètement la tunnélisation. Lorsque celle-ci survient, seules des solutions radicales sont salvatrices. C'est notamment l'objet du projet de recherche Ghost que mène l'équipe de Frédéric Dehais avec Airbus depuis 2004. « *La sortie du tunnel se fait en trois étapes : désengager le pilote en le détournant de l'information qui le fascine, puis le réorienter en lui donnant la bonne information, enfin le réengager dans une nouvelle séquence d'actions* », explique le chercheur. Comment ? D'abord en détectant l'apparition du phénomène grâce à un *eye-tracker*, système qui suit le mouvement des yeux, permettant de savoir si le pilote fixe trop son attention sur un endroit particulier du tableau de bord. Puis en supprimant l'information en cause durant un laps de temps très court pour la remplacer par une alerte pertinente. Ces solutions techniques, encore confidentielles, font l'objet d'un autre brevet d'Airbus. Reste à savoir si leur application serait acceptée par la communauté des pilotes de ligne. Autre levier d'action : la formation des équipages. Le BEA constate ainsi dans son rapport final sur l'accident du vol 447 d'Air France *(lire l'encadré p. 66)* : « *La formation et l'entraînement tels qu'ils sont dispensés actuellement ne permettent pas de promouvoir et de tester les capacités de réaction à l'imprévu.* » Il recommande aux compagnies aériennes de « *permettre l'acquisition et l'entretien d'automatismes comportementaux adéquats dans des situations inattendues et rares, de forte charge émotionnelle* ». Autrement dit, un entraînement poussé des pilotes à la maîtrise de soi. **Jean-François Haït**

* http://2doc.net/9seld

# Souriez, vous êtes tweetés !

*Chaque jour, 340 millions de messages échangés : une aubaine pour localiser ceux qui les envoient et... les cambrioler. Mais aussi anticiper les épidémies ou ausculter l'humeur des foules. Le site de microblogging serait-il Big Brother ?*

**C'est ce qui s'appelle** mettre les pieds dans le plat. Le site Internet néerlandais Please Rob Me (« Cambriole-moi, s'il te plaît ») avait le premier, dès 2010, suscité l'effroi : il avait démontré qu'en publiant des messages géolocalisés sur le site de microblogging Twitter *(lire le lexique ci-dessous)*, chaque utilisateur fournissait à son insu assez d'informations pour permettre à des cambrioleurs de savoir s'il était ou non absent de chez lui. Pour ce faire, le site a scanné en direct les millions de messages envoyés, accompagnés de leurs données de géolocalisation, et a établi en temps réel la liste… des domiciles vides. De quoi donner froid dans le dos aux 500 millions d'usagers de ce moyen de communication communautaire à la mode, fort de ses 340 millions de messages par jour ! Surtout, Please Rob Me a levé le voile sur les usages vertueux ou non que l'on peut tirer d'une si grande masse de données.

Pour comprendre, il faut rappeler que Twitter désigne un site Internet gratuit un peu particulier, situé à mi-chemin entre le réseau social façon Facebook (où des internautes inscrits communiquent entre eux) et la plateforme de SMS (*short messages service*) – appelés aussi « textos » – utilisée par tous les propriétaires de téléphones mobiles.

Créé en 2006 par des développeurs Internet américains, Twitter permet de publier sur un site dédié de courts textes limités à 140 caractères, les « tweets » (« gazouillis »). Particularité : par défaut, tous les messages sont publics et lisibles par ceux qui se connectent au site, y compris par les internautes qui n'y sont pas inscrits. Depuis mars 2010, Twitter a monté, en interne, une équipe entièrement dédiée à l'exploitation de la géolocalisation des messages, la GeoTeam. Ses missions ? Collecter l'ensemble des données de ses utilisateurs, les analyser et les corréler avec le contenu des tweets publiés. Puis vendre au prix fort cette base de données exceptionnelle à des clients potentiels : publicitaires, spécialistes du marketing, et tous ceux pour qui l'information géolocalisée en temps réel est une donnée cruciale.

*« Avec sa contrainte des 140 caractères, Twitter est un média de l'instant, où l'analyse de données se fait à la volée, alors que dans le cas d'un réseau comme Facebook, c'est une masse d'informations statiques qui est stockée*, relève Jean-Noël Chaintreuil, consultant spécialiste des médias sociaux. *Voilà qui en fait toute la spécificité. »*

Les premiers clients ne se sont pas fait attendre. L'opérateur de télécommunications américain AT&T, qui compte plusieurs millions d'abonnés, utilise ainsi Twitter pour repérer le plus rapidement possible les pannes de son réseau de téléphonie mobile grâce aux échanges des utilisateurs sur le site. Un programme conçu en interne détecte d'abord tous les messages contenant le nom de la société, puis relève des mots clefs tels que « 3G » ou « coupure d'appel ». Il collecte ensuite les données de géolocalisation et les compare en temps réel avec l'état connu du réseau. Résultat : AT&T peut axer en priorité ses interventions sur les zones d'où sont postés le plus grand nombre de « tweets » d'utilisateurs subissant une panne, avant même qu'ils n'aient contacté ses services pour signaler l'incident.

De même, au printemps 2011, le journal économique japonais *The Nikkei* révélait que Twitter avait conclu un accord avec l'opérateur de téléphonie mobile nippon NTT DoCoMo. L'enjeu : développer une tech-

## LEXIQUE

**FOLLOWER (« SUIVEUR ») :** usager du site qui suit le compte d'un autre utilisateur.

**HASHTAG :** mot clef que l'on fait précéder du caractère # qui permet de retrouver plus facilement d'autres messages traitant du même sujet.

**MICROBLOGGING OU MICROBLOGAGE :** site Internet de publication de messages courts.

**@NOM D'UTILISATEUR :** formule (facultative) permettant d'indiquer à quel autre utilisateur s'adresse précisément le message.

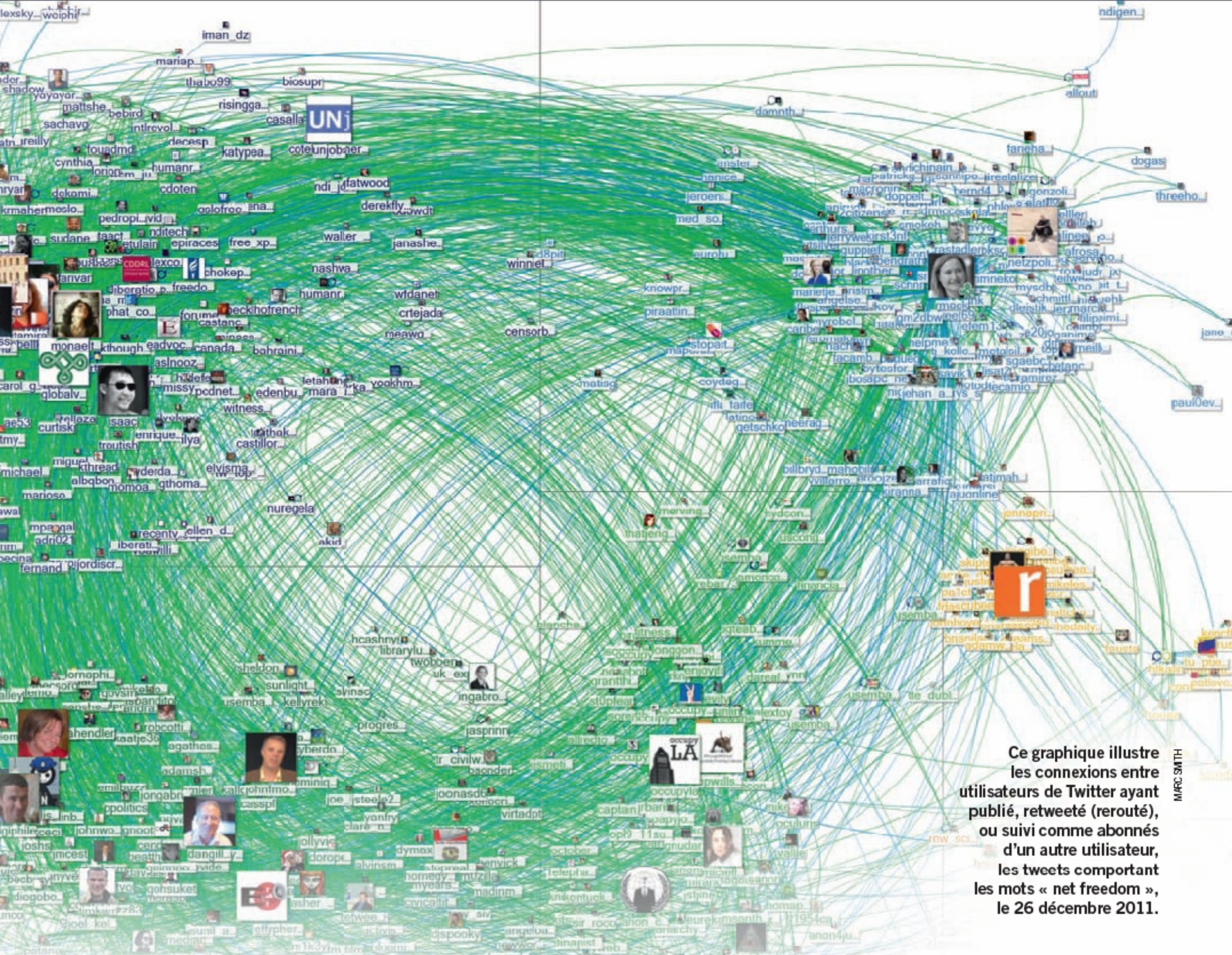
**RÉSEAU SOCIAL :** site Internet sur lequel chaque membre dispose d'une page personnelle (le profil) pour communiquer et échanger des contenus (images, photos…) avec les autres membres. Il faut s'inscrire pour participer et être sollicité par d'autres membres pour pouvoir échanger.

**TWEET :** message publié sur Twitter, comportant au maximum 140 caractères.

**TWITTOS :** terme familier désignant les utilisateurs de Twitter.

**TWEETCLASH :** désigne une altercation entre deux Twittos.

**TWITPIC :** site créé en 2008 pour publier des photos et des images sur Twitter.




**Ce graphique illustre les connexions entre utilisateurs de Twitter ayant publié, retweeté (rerouté), ou suivi comme abonnés d'un autre utilisateur, les tweets comportant les mots « net freedom », le 26 décembre 2011.**

MARC SMITH

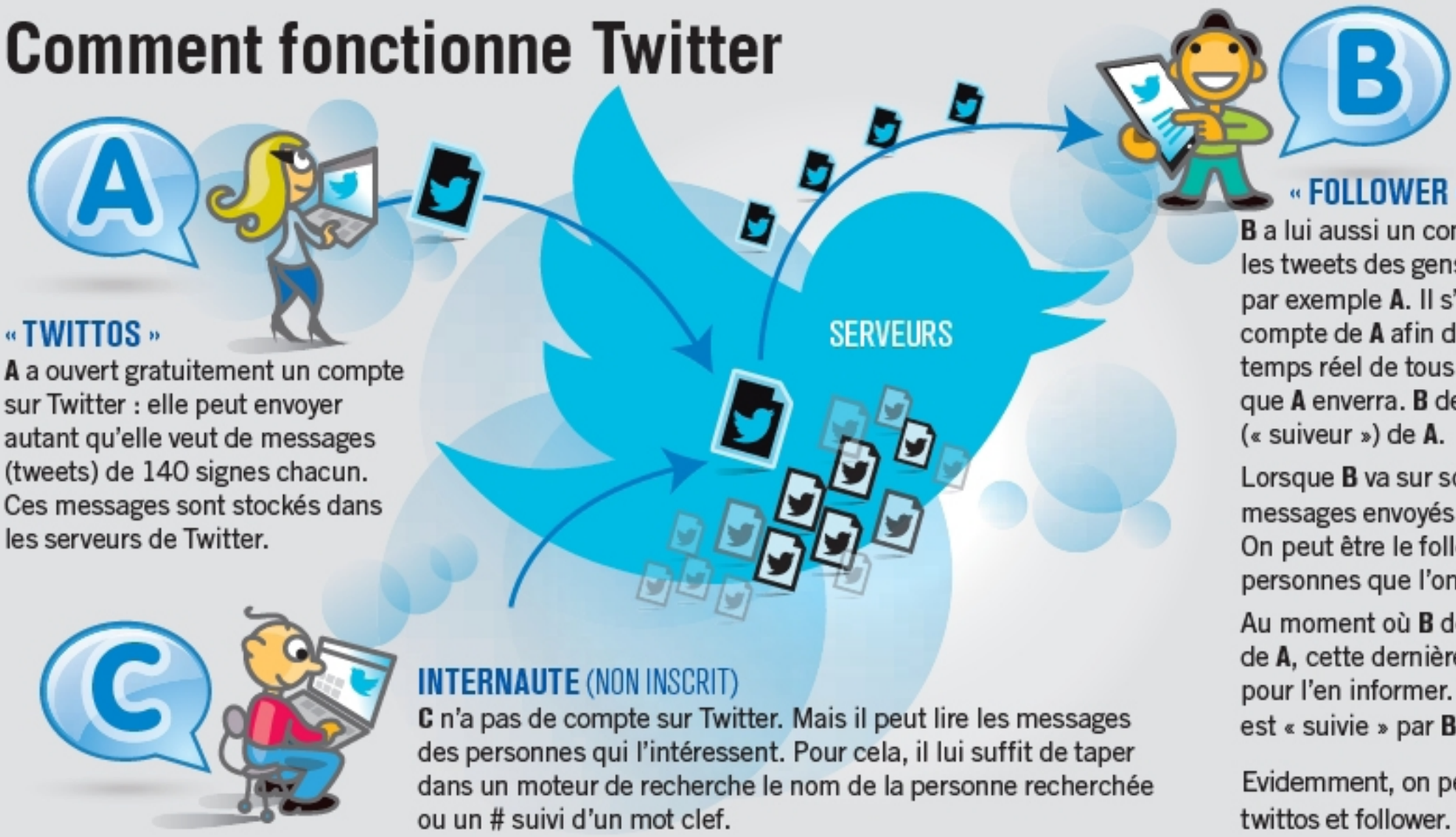
nologie capable de collecter des mots clefs présents dans les tweets publiés *via* les téléphones mobiles et de les combiner aux données d'horodatage et de géolocalisation, afin de créer des opérations marketing personnalisées ou de revendre ces outils de traçage à d'autres partenaires.

Ces accords ne vont pas sans poser d'épineux problèmes juridiques ! Ainsi, au début de l'année, Twitter a vendu à la société DataSift, spécialiste de l'extraction et de l'analyse de données, pas moins de deux ans d'archives de tweets – soit plusieurs milliards de messages ! – *« sans avertir aucun de ses utilisateurs à travers le monde,* s'indigne Sophie Nerbonne, directrice adjointe des affaires juridiques à la Commission nationale de l'informatique et des libertés (Cnil). *Ceux-ci n'ont pas eu la possibilité de s'opposer à cette collecte de données les concernant, ce qui, en France, est en contradiction avec la loi Informatique et Libertés ».* Or, nul ne sait à ce jour ce que DataSift compte faire de ces données. *« Nous sommes en train d'instruire cette affaire »,* affirme la spécialiste. En revanche, la Cnil, qui suit de plus en plus près Twitter compte tenu de l'importance que prend la plateforme dans les usages en ligne, se dit plutôt satisfaite des aménagements apportés au volet géolocalisation. Celle-ci est désormais désactivée par défaut, et les utilisateurs ont également la possibilité de la désactiver *a posteriori* sur leurs anciens tweets. *« Cela correspond à nos recommandations »,* note Sophie Nerbonne.

Twitter a vendu deux ans d'archives de tweets à la société DataSift. Qu'en fera-t-elle ?

Pas de quoi être rassuré pour autant ! Trois chercheurs en informatique de l'université de Rochester, dans l'Etat de New York, viennent en effet de montrer que l'on pouvait très bien localiser un utilisateur de Twitter… en se passant de l'option de géolocalisation ! Comment ? En ne s'intéressant plus directement à l'utilisateur, mais à ses « followers » (« suiveurs »), du nom donné aux membres de Twitter qui se sont en quelque sorte « abonnés » aux publications d'un autre *(voir l'infographie p. 70)*. Sachant qu'un abonné peut avoir entre un et plusieurs centaines de milliers de followers, les chercheurs ont développé un algorithme intelligent, Flap (Friendship + Location Analysis and Prediction). Celui-ci est capable d'étudier les relations entre utilisateurs et de deviner leurs déplacements en tenant compte de plusieurs paramètres : les noms, la régularité des messages et le moment où ils sont publiés. Flap est fondé sur la forte probabilité que les personnes qui se « suivent » avec régularité sur Twitter sont appelées à se rencontrer dans le monde physique. Par exemple, une personne « tweetant » tous les matins et recevant systématiquement des réponses des mêmes personnes dans un même délai implique *a priori* que tous ces correspondants se rencontrent dans les transports en commun, sur leur trajet domicile-travail. Loin d'être un obstacle pour ce genre de recherche, la contrainte des 140 caractères amène mécaniquement les gens à publier plus souvent, donc à ●●●

## Comment fonctionne Twitter




**« TWITTOS »**
**A** a ouvert gratuitement un compte sur Twitter : elle peut envoyer autant qu'elle veut de messages (tweets) de 140 signes chacun. Ces messages sont stockés dans les serveurs de Twitter.

**« FOLLOWER »** (ABONNÉ INSCRIT)
**B** a lui aussi un compte. Il peut lire les tweets des gens qui l'intéressent, par exemple **A**. Il s'abonne alors au compte de **A** afin d'être averti en temps réel de tous les messages que **A** enverra. **B** devient le « follower » (« suiveur ») de **A**.

Lorsque **B** va sur son compte, tous les messages envoyés par **A** apparaissent. On peut être le follower d'autant de personnes que l'on désire.

Au moment où **B** devient le follower de **A**, cette dernière reçoit un e-mail pour l'en informer. **A** sait donc qu'elle est « suivie » par **B**.

Evidemment, on peut être à la fois twittos et follower.

**INTERNAUTE** (NON INSCRIT)
**C** n'a pas de compte sur Twitter. Mais il peut lire les messages des personnes qui l'intéressent. Pour cela, il lui suffit de taper dans un moteur de recherche le nom de la personne recherchée ou un # suivi d'un mot clef.

délivrer beaucoup d'informations. L'algorithme Flap est de surcroît relié à une interface Google Maps permettant de placer sur une carte la position des internautes suivis par les chercheurs. Résultat : sur les 1,2 million d'internautes ayant envoyé 26 millions de tweets autour de Los Angeles et de New York entre mai et juin 2010, les chercheurs ont pu en localiser 85 % avec une marge d'erreur de 100 mètres et une précision temporelle de 20 minutes… *« En utilisant un système intelligent, on peut situer précisément la plupart des gens »*, affirme Adam Sadilek, l'un des chercheurs à l'origine du projet. Depuis, ce dernier, qui travaille dans le domaine de l'analyse du langage naturel sur les réseaux sociaux, mène une nouvelle étude : surveiller, sinon prévoir, les épidémies de grippe à New York, toujours grâce à Twitter. Il utilise pour cela un programme analysant le contenu de 200 000 tweets quotidiens et leur géolocalisation. Il repère en temps réel l'état de santé des usagers, les symptômes associés à la grippe qu'ils décrivent, mais il est également capable de définir si ces personnes ont récemment été en contact avec d'autres. Ce qui permet d'extrapoler, par le biais d'un modèle de probabilités, la propagation de la maladie. *« Comme la majorité des tweets est géolocalisée, nous pouvons les situer sur une carte et observer comment interagissent des gens malades et des gens en bonne santé*, explique le chercheur. *Notre modèle prédit ensuite si un individu va tomber malade, et quand, avec une grande fiabilité. »* Adam Sadilek espère fournir un outil permettant de comprendre la diffusion des maladies basé sur ces échanges en ligne au quotidien. Couplé avec l'algorithme Flap, il pourrait même gagner en précision en tenant compte également des tweets non géolocalisés.
Adam Sadilek n'est pas le seul à travailler sur la grippe. Chercheur en informatique à la

## Un flot de tweets après le tsunami au Japon

Un raz-de-marée, totalement inoffensif celui-là, a suivi aussitôt le dramatique tremblement de terre et le tsunami survenus au Japon le 11 mars 2011 : celui des messages envoyés sur Twitter. A l'issue de ces événements, le site a publié deux vidéos réalisées par Miguel Rios, ingénieur en visualisation de données chez Twitter, témoignant de l'importance et de la soudaineté de ce flot de tweets envoyés depuis ou vers le Japon. La première vidéo modélise les échanges qui ont eu lieu dans une période d'une heure englobant l'avant et l'après-tremblement de terre. On y voit les messages partant du Japon et les réponses d'internautes du monde entier. L'autre vidéo, encore plus impressionnante, permet d'observer le volume des « retweets » de messages publiés depuis le Japon dans l'heure qui a suivi le début de la catastrophe. Twitter a enregistré un bond de 500 % des messages envoyés de l'archipel et des pics de 5000 tweets à la seconde à la suite du séisme. Le système de téléphonie fixe et Internet étant hors service, Twitter (notamment utilisé depuis les téléphones mobiles) est devenu le moyen le plus facile pour se contacter, envoyer des informations, des numéros de téléphone d'urgence, donner signe de vie, etc.

DR

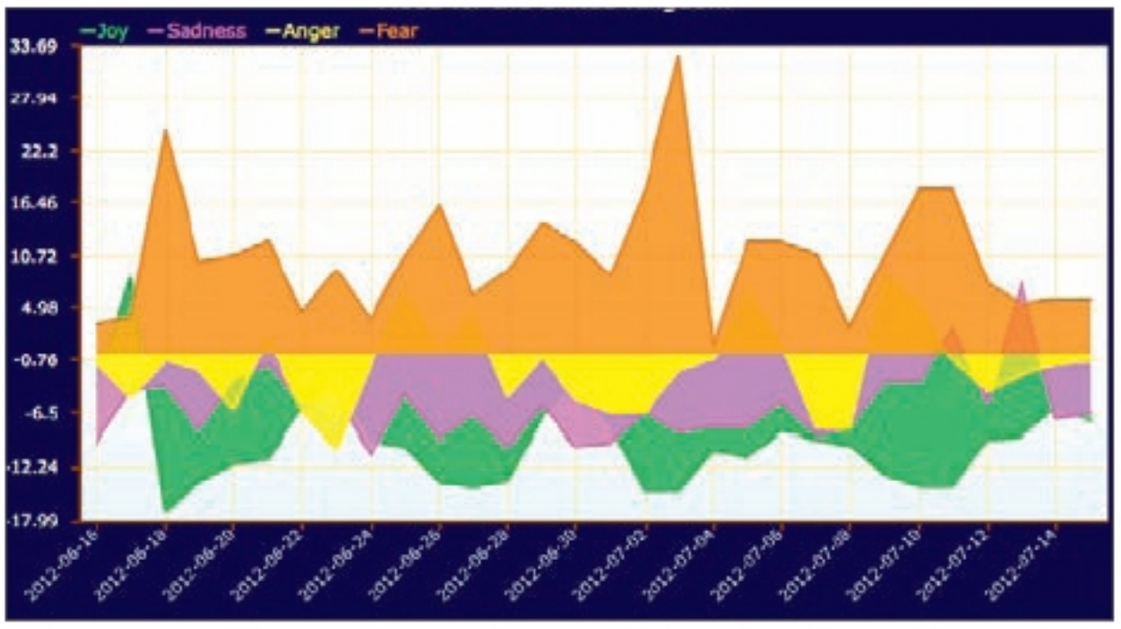
**Les tweets, en rose, et retweets (messages reroutés), en vert, envoyés dans l'heure suivant le tsunami, le 11 mars 2011.**

http://blog.twitter.com/2011/06/global-pulse.html

Southeastern Louisiana University (Etats-Unis), Aron Culotta a, quant à lui, analysé 570 millions de messages postés en huit mois, entre 2009 et 2010. Il en a extrait les contenus en rapport avec la grippe et a corrélé les résultats avec les données officielles des centres de contrôle et de prévention des maladies (CDC) américains. Résultat : les tendances observées sur Twitter correspondent à 95 % à celles des CDC. Plutôt prometteur, quand on sait que Twitter permet une surveillance en temps réel alors que les CDC publient des rapports hebdomadaires. Sans parler de la différence de coût… Reste que la méthode, basée sur un programme d'analyse textuelle, impose un gros travail de tri pour éliminer les ambiguïtés (par exemple, ne pas confondre grippe, grippe porcine et grippe aviaire), les fausses alertes, les messages utilisant les mots clefs sélectionnés dans un contexte étranger à la maladie (la « fièvre » de l'or…), etc.

De leur côté, il y a trois ans, trois chercheurs en intelligence artificielle de l'université de Bristol (Royaume-Uni) ont créé sur Internet le Flu-Detector (détecteur de grippe). Ce site consiste en un graphique représentant la diffusion de la grippe au Royaume-Uni à partir de 200 000 tweets géolocalisés et collectés dans 54 villes. Pas d'analyse linguistique, cette fois, mais une approche statistique. Un algorithme intelligent met en rapport les chiffres officiels de la Health Protection Agency sur une période de temps donnée et les tweets publiés au même moment. « *L'algorithme analyse deux éléments*, explique Vasileios Lampos, l'un des chercheurs : *les mots et les phrases relatifs au thème de la maladie, et le niveau de pertinence de chacun de ces mots. De tout cela, nous déduisons au jour le jour le taux de cas de grippe dans différentes régions du pays.* »

L'enjeu n'est pas tant de prédire l'expansion de la maladie que de fournir un outil de surveillance en temps réel, léger



MOOD OF THE NATION

**L'humeur des Britanniques « calculée » au jour le jour par l'outil Mood of the Nation, grâce à l'analyse de leurs tweets : le vert, le mauve, le jaune et l'orange indiquent respectivement la joie, la tristesse, la colère et la peur.**

car basé sur des données publiques facilement accessibles, pour permettre une plus grande réactivité.

Depuis, ces chercheurs britanniques ont mis en ligne une autre représentation graphique, sur un tout autre sujet. Appelée Mood of the Nation, elle montre l'humeur générale de la population britannique au jour le jour. Pour cela, le contenu d'un demi-million de tweets est quotidiennement passé au crible d'un outil d'analyse de texte (WordNet Affect) qui les répartit dans quatre catégories d'émotion : colère, peur, joie et tristesse. Le premier volet de cette étude couvre une période de 31 mois, de juillet 2009 à janvier 2012. On découvre ainsi qu'un brusque sentiment de colère apparaît dans les tweets en octobre 2010. Il correspond à l'annonce par le gouvernement britannique de coupes dans les dépenses publiques. Une « colère » qui connaît un nouveau pic fin juillet 2011, soit quelques jours avant que de violentes émeutes n'éclatent dans plusieurs villes du pays. Serait-il donc possible de prévoir ce genre d'événement? De quoi faire rêver tous les gouvernements et polices du monde! Mais Vasileios Lampos tempère : « *Pour aboutir en temps réel à une telle conclusion avec une marge de certitude acceptable, il faudrait analyser des données issues de plusieurs médias sociaux, avant et pendant bien d'autres incidents similaires. Même s'il est vrai que les contenus publiés par les internautes envoient des signaux très représentatifs de ce qui se passe dans le monde réel.* »

Loin de freiner ses ambitions en matière d'analyse de données, Twitter vient de passer à la vitesse supérieure en rachetant récemment plusieurs sociétés (Fluther, Summify, Posterous). « *Le site de microblogging s'oriente résolument vers ce que l'on appelle le "big data"* [le traitement massif de données non structurées], estime Jean-Noël Chaintreuil, spécialiste des médias sociaux. *Les mathématiciens vont désormais travailler à créer des outils de tri et de traitement de l'information, notamment dans le domaine de l'analyse de sentiment.* » Et ce n'est qu'un début… **Arnaud Devillard**

## REPÈRES

**JUILLET 2006 :** lancement de Twitter par Jack Dorsey, Noah Glass, Biz Stone et Evan Williams.

**500 MILLIONS D'INSCRITS** dont 140 millions actifs (mars 2012) ; 7,3 millions en France (fin juillet 2012).

**340 MILLIONS** de messages postés chaque jour.

**151 MILLIONS DE DOLLARS** de recettes publicitaires en 2011 (250 millions en 2012 selon le cabinet d'analyse eMarketer).

**900 EMPLOYÉS.**

## LES SITES SCIENTIFIQUES

**SCIENCES ET AVENIR**
**http://twitter.com/Sciences_Avenir.** Toute l'actualité, avec des liens vers des articles et dossiers du site internet.

**INRIA**
**http://twitter.com/inria.** Revue de presse dynamique privilégiant les articles sur l'informatique et Internet.

**CEA**
**http://twitter.com/CEA_Recherche.** Renvoie vers des articles du fil « science et techno » du site Internet.

**CNRS**
**http://twitter.com/CNRS.** Les travaux du CNRS en (quasi) temps réel.

**CERN**
**http://twitter.com/cern.** Liens renvoyant aux publications officielles du Cern.

**CITÉ DES SCIENCES**
**http://twitter.com/citedessciences.** La vie du musée parisien au gré des annonces et des événements.

**MIT**
**http://twitter.com/MITNews** Les recherches menées au Massachussetts Institute of Technology en génétique, économie, biologie, etc.

**SILICON VALLEY**
**http://twitter.com/SiliconVIlyNews.** « Journal local » de la Silicon Valley : high tech, économie, vie des entreprises et feux de forêt!

**NASA**
**http://twitter.com/NASA.** Publications au gré de l'actualité.

**ESA**
**http://twitter.com/esa** L'Agence spatiale européenne.

**NATURE**
**http://twitter.com/NatureNews** La revue *Nature* renvoie le plus souvent vers des articles publiés sur le site Internet ou les blogs de la rédaction.

**SCIENCE**
**http://twitter.com./sciencemagazine** La revue *Science*.

# Péril sur le bleu lavande

*Un insecte, vecteur d'une bactérie mortelle pour les plants, menace la production de lavande française. Toutes les variétés sont concernées.*

**Franck Péres contemple** ses champs des environs de Châtillon-en-Diois (Drôme), de plus en plus perplexe. Sa lavande fine (*Lavandula angustifolia*) *(voir p. 74)*, celle qui sert d'ingrédient de base pour nombre de parfums, a une drôle d'allure. Des rameaux de l'année encapuchonnés de fleurs de toutes les gammes de bleu voisinent avec des touffes rachitiques aux feuilles jaunies. Le lavandiculteur connaît bien la cause de ce dépérissement qui prend davantage d'ampleur chaque année : un phytoplasme *(voir le lexique p. 74)*, une bactérie sans paroi, injectée dans les vaisseaux de la plante par un insecte porteur. Mais il ne s'explique pas pourquoi ses plants réagissent aussi différemment à la maladie. Pas un arpent de ses 4,7 hectares ne connaît la même situation. Certains sont indemnes, d'autres sinistrés. Seule certitude pour Franck Péres, ses pertes financières : *« Là où je récoltais 30 kg d'huile essentielle par hectare avant 2005, je ne produis plus que 16 à 17 kg. »*

De la Drôme provençale au plateau de Valensole, dans les Alpes-de-Haute-Provence, c'est la même inquiétude. La lavande dépérit. Aucune des trois productions n'est épargnée, à commencer par la lavande bleue, autre variété de *Lavandula angustifolia*, qui s'utilise uniquement séchée, pour la composition des bouquets et des pots-pourris. *« A Mévouillon, dans les Baronnies, où se concentre l'essentiel de cette production, des exploitations ont été contraintes de cesser leur activité »*, déplore Eric Chaisse, directeur du Centre régionalisé interprofessionnel d'expérimentation en plantes à parfum, aromatiques et médicinales (Crieppam). La lavande fine, qui sert à fabriquer les huiles essentielles pour parfums, est passée de 5000 hectares cultivés à 4000 environ sur la dernière décennie. *« Il faut souvent arracher les plants au bout de trois ou quatre ans, contre douze ans pour un champ sain, ce qui interdit toute rentabilité »*, poursuit Eric Chaisse. Résultat : la production est passée de 80 tonnes en 2005 à 33 tonnes en 2010 et l'an dernier, pour la première fois, la Bulgarie est devenue le premier producteur mondial, devant la France. *« Des parfumeurs commencent à supprimer l'essence naturelle de lavande de leurs compositions ou utilisent des produits de synthèse »*, souligne Michel Krausz, directeur du Comité interprofessionnel des huiles essentielles françaises (Cihef). Enfin, le lavandin, planté sur

STÉPHANE GODIN/BIOSPHOTO

16 000 hectares, voit ses surfaces grignotées, et la production est désormais inférieure à 1000 tonnes par an. Là aussi, les conséquences industrielles sont incalculables. Fruit stérile du croisement de la lavande fine et de la lavande aspic (*Lavandula latifolia*), le lavandin est utilisé par l'industrie pour parfumer lessives et savons.

La lavande a toujours abrité des insectes parasites, mais sa culture sur de grandes étendues a amplifié le phénomène. Plante des terres calcaires pauvres grillées par le soleil méditerranéen, poussant entre 500 et 2000 mètres d'altitude, elle a longtemps été récoltée sauvage avant d'être cultivée de façon intensive au début des années 1920. L'usage industriel du lavandin a alors entraîné une sélection variétale intense pour répondre à des critères stricts de qualité et de productivité en huiles essentielles. Si bien qu'à la fin des années 1960, la seule variété abrial représentait plus de 80 % des plantations, avant que la production ne s'effondre en raison d'une maladie inconnue. Par chance, un pépiniériste, Pierre Grosso, découvre par hasard un spécimen résistant qu'il multiplie par bouturage. Dès lors, les trois quarts des champs ont été plantés en « Grosso », qui se met à son tour à dépérir à grande échelle depuis le début des années 2000. Et la maladie attaque désormais la lavande fine et la lavande bleue. *« Les premiers cas signalés sur la lavande bleue remontent à 1986*, raconte Cédric Yvin, ingénieur à l'Institut technique interprofessionnel des plantes à parfum, médicinales et aromatiques (Iteipmai). *Mais nous pensons que l'insecte responsable de la maladie a progressé et atteint aujourd'hui les champs d'altitude en raison du réchauffement climatique. »* La diffusion a pris quelques années : il n'y a plus aujourd'hui une seule zone indemne. ●●●

## REPÈRES

**600 LAVANDICULTEURS**
dans la région de production (essentiellement Provence-Alpes-Côte d'Azur, *voir carte ci-dessus)*.

**PRODUCTION DE LAVANDE :**
33 tonnes sur 4000 hectares.
• **12 tonnes de lavande de population,** naturelle, à 170 € le prix de vente au kg.
• **21 tonnes de lavande clonale**, à 120 € le kg.

**PRODUCTION DE LAVANDIN :**
1000 tonnes sur 16 000 hectares. 19 € le prix de vente au kg.

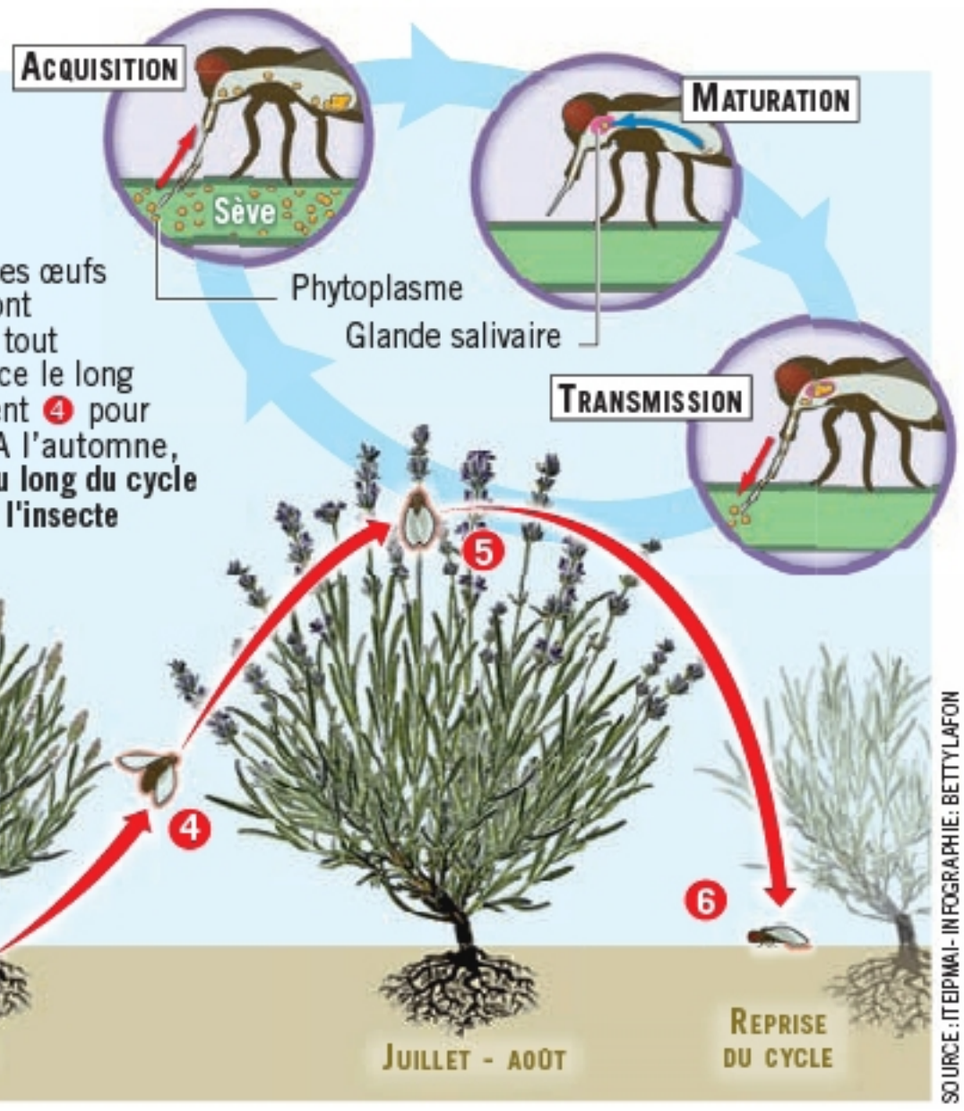
●●● Il a fallu attendre 1998 pour que l'Iteipmai, avec l'aide de l'Inra de Dijon, mette enfin un nom sur l'insecte vecteur : *Hyalesthes obsoletus*. C'est un hémiptère de la famille des cixiides, qui ressemble à une petite cigale de 3 à 4 millimètres de longueur. L'insecte passe l'hiver sous forme de larve sur les racines de la plante. Sous sa forme d'insecte ailé, il s'envole entre mi-juin et août pour une courte période pendant laquelle il s'accouple et pond ses œufs, déposés sur la terre au pied de la plante. Une fois éclose, la larve s'enfonce dans le sol pour se nourrir sur les racines et éviter les froids de l'hiver. *« Ce n'est pas l'insecte qui affecte la santé de la plante, mais une bactérie dépourvue de parois cellulaires rigides, le phytoplasme du stolbur*, expose Xavier Foissac, spécialiste de cet agent pathogène à l'Inra de Bordeaux. *De la classe des mollicutes, ces bactéries sont notamment les responsables de la maladie du bois noir de la vigne, mais se propagent aussi sur les tomates, les poivrons, les piments et les aubergines. »*

Pour prouver son rôle dans le dépérissement de la lavande, il a fallu utiliser les techniques d'amplification de l'ADN. Le stolbur contamine les larves *via* les racines des plants infectés dont elles s'alimentent de la fin d'été au printemps suivant, puis est dispersé dans d'autres plants grâce aux adultes volants qui se nourrissent aussi de sève. *« Le dépérissement est provoqué par la consommation des sucres de la sève par la bactérie »*, poursuit Xavier Foissac. Le stolbur n'est pas considéré comme épidémique pour les légumes et la vigne, car les plantes où l'insecte fait son cycle sont le liseron et l'ortie : un bon désherbage des vignobles peut en théorie éliminer le risque de contamination. En revanche, la lavande est une plante où *Hyalesthes obsoletus* se développe fort bien. *« Nous avons trouvé 17 souches génétiquement différentes du stolbur, dont 13 spécifiques à la lavande, ce qui implique une contamination très ancienne »*, poursuit Xavier Foissac. Ce sont les conditions météorologiques qui provoqueraient une augmentation des dégâts car « Hyalesthes *aime particulièrement la chaleur et les milieux très secs*, détaille Cédric Yvin. *On en voit moins les années où le printemps est humide. Malheureusement, le climat méditerranéen est de plus en plus sec et chaud et donc favorable au développement de cet insecte. »*

Les lavandiculteurs n'ont pour l'instant aucun moyen de soigner leurs plants. L'hiver, les larves sont inatteignables dans le sol, et l'été, aucun traitement insecticide n'est possible sur des fleurs qui sont intensivement butinées par les abeilles. Un traitement aurait en outre des conséquences économiques désastreuses, le miel de lavande représentant un chiffre d'af-

## Le cycle sans fin d'une contamination

❶ A la fin de l'été « Hyalesthes obsoletus » pond ses œufs au pied d'une lavande. Les œufs éclos, les larves vont se nicher dans les racines dont elles se nourrissent tout l'hiver ❷. Au printemps, elles remontent à la surface le long du tronc ❸, puis, devenues insectes ailés, s'envolent ❹ pour se nourrir durant l'été de la sève des lavandes ❺. A l'automne, le cycle reprend ❻. **La contamination se fera tout au long du cycle soit sur les larves par une plante contaminée, soit par l'insecte qui en se nourrissant infeste la plante.**



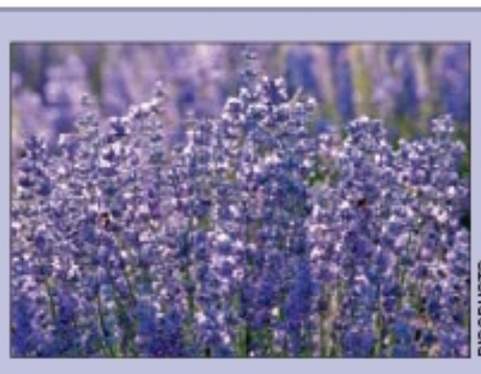

SOURCE : ITEIPMAI - INFOGRAPHIE : BETTY LAFON

### LEXIQUE

**Phytoplasme :** bactérie sans paroi, qui ne peut donc survivre en dehors d'un être vivant. L'insecte infecté peut devenir infectieux en transmettant par piqûre dans la plante les phytoplasmes présents dans ses glandes salivaires.

**Diploïde :** se dit d'une cellule dont les chromosomes sont présents par paires.

**Triploïde :** se dit d'un organisme ayant subi une modification, où les chromosomes sont associés par trois. Ces organismes sont stériles.



BIOSPHOTO

### Lavande fine

**Définition :** c'est la lavande sauvage d'origine, *Lavandula angustifolia*.

**Caractéristiques :** la lavande fine issue de souches sauvages présente une grande hétérogénéité d'aspect et de couleur des fleurs. Elle est dite de population, alors que la lavande fine issue de bouturage est dite clonale.

**Usage :** huile essentielle, base de nombreux parfums.

BIOSPHOTO

### Lavandin

**Définition :** fruit stérile du croisement entre la lavande fine et la lavande aspic, *Lavandula latifolia*.

**Caractéristiques :** le lavandin se distingue de la lavande fine par deux petites branches au pied des rameaux de l'année. La floraison est moins touffue.

**Usage :** agent de parfum pour les lessives et produits d'entretien, parfois remplacé par des arômes artificiels.

BIOSPHOTO

### Lavande bleue

**Définition :** il s'agit d'une sélection de lavande fine présentant les fleurs aux couleurs les plus soutenues.

**Caractéristiques :** les champs sont d'une même couleur bleu très profond. Elle est souvent clonale. Cultivée principalement à Mévouillon, dans les Baronnies (Drôme).

**Usage :** bouquets de fleurs séchées et pots-pourris.

ITEIPMAI

NATIONAL MUSEUM WHALES

ITEIPMAI

**Le phytoplasme frappe au hasard, et des plantes malades voisinent avec d'autres en pleine santé (ci-contre). C'est par aspirateur (ci-dessus) que sont prélevés des spécimens de « Hyalesthes », qui seront élevés dans un laboratoire de l'Inra à Bordeaux.**

faires égal à celui dégagé par la production d'huiles essentielles. Une solution alternative est en cours d'étude par le Crieppam : l'argile kaolinite. Pulvérisée, il semble que cette argile agisse comme barrière naturelle contre les piqûres de l'insecte. De son côté, Franck Péres teste des recettes empiriques. *« J'essaie un mélange de consoude, de purin d'ortie et de prêle en espérant que l'odeur repousse l'insecte »*, indique-t-il sans véritable espoir. Une recette à laquelle Cédric Yvin s'intéresse aussi : *« Il va falloir explorer toutes les voies. »*

Autre piste suivie, la prévention. Les scientifiques tentent en effet de comprendre pourquoi certains plants ne semblent pas affectés par le stolbur. La voie la plus évidente consiste à bouturer et évaluer les spécimens les plus résistants. Cette sélection variétale a connu quelques succès : Carla et Rapido – pour la lavande fine – et Diva – pour la lavande clonale (issue de boutures prises sur un même plant d'origine) – résistent mieux. *« Mais cette résistance ne durera pas des décennies et nous devons accroître la diversité des variétés proposées aux lavandiculteurs »*, explique Cédric Yvin. Or il existe un obstacle de taille : ces sélections variétales ne satisfont pas toutes aux normes de qualité Afnor qui entourent la production d'huiles essentielles. Une autre voie est donc suivie en parallèle depuis 2005 : la mise au point en laboratoire d'un lavandin triploïde, comme il existe déjà des huîtres triploïdes *(lire* S. et A *n° 757, mars 2010)*. En obtenant une lavande fine à quatre chromosomes au lieu de deux et en la croisant avec une lavande aspic diploïde, l'Iteipmai cherche à obtenir une variété aussi résistante et qualitative que Grosso. Des échantillons sont actuellement en cours d'expérimentation sur une demi-douzaine de parcelles tests. Enfin, la profession promeut une filière de production de plants sains en faisant appel à des pépiniéristes spécialisés qui assainissent *in vitro* les différentes variétés à partir de cellules prélevées sur l'apex, l'extrémité d'une tige *a priori* indemne de phytoplasmes. On obtient ainsi des individus garantis sans stolbur cultivés sous filets anti-insectes pendant plusieurs générations avant de proposer des plants certifiés aux producteurs.

Il est aussi envisagé de procéder à des greffages de plant de lavande sur des porte-greffes résistant au phytoplasme, selon la méthode qui a parfaitement réussi, pour la vigne, contre le phylloxéra. Mais il semble que cette plante qui se bouture si bien soit plus réticente à la greffe. Enfin, les pratiques culturales pourraient être revues de fond en comble. Pour pondre, l'insecte semble en effet de préférence attiré par des sols nus, car plus chauds. *« Pourquoi ne pas occuper le terrain entre les rangs de lavande avec une autre culture, une orge par exemple, pour limiter la chaleur dégagée par un sol nu et ainsi limiter l'attractivité pour l'insecte ? »*, réfléchit Eric Chaisse.

> Les pratiques culturales pourraient être revues de fond en comble

Dans un programme financé depuis cette année par le ministère de l'Agriculture et la profession pour un budget de 500 000 €, les chercheurs tentent d'aller encore plus loin. Fin juillet, l'équipe Iteipmai, réunie autour de Cédric Yvin, a prélevé des insectes avec un aspirateur pour les placer sur des plants de lavande en pot et sous filet : *« Je les ai transférés à l'Inra de Bordeaux où ces* Hyalesthes *ont été mis en serre afin de tenter un élevage. »* L'affaire est ardue. Seule une équipe suisse est parvenue jusqu'à présent à élever ces insectes sur des orties, exploit unanimement salué. Réussir est pourtant crucial. *« C'est en situation contrôlée qu'on peut déterminer quelles sont les plantes les plus attractives pour l'insecte, quels sont les facteurs olfactifs, visuels, gustatifs, thermiques qui guident ses choix*, poursuit Cédric Yvin. *Si une différence de comportement est constatée, on cherche alors à analyser quelles sont les molécules émises par les plantes qui sont perçues par* Hyalesthes. » Ce n'est qu'en connaissant cette relation intime entre la lavande et l'insecte qu'on pourra imaginer une méthode de lutte par piégeage massif, ou créer un répulsif qui sauve la plante à parfum.

D'ici à 2015, deux programmes de recherche vont ainsi explorer les solutions de sauvegarde de la plante emblématique de la Provence. Pour Franck Pères, c'est une question de survie. Sur ces pentes caillouteuses poussent peu de cultures susceptibles d'être économiquement viables pour les agriculteurs. Mais la région y joue également sa communication touristique. C'est toute l'image bleue de la Provence qui est en danger.

**Loïc Chauveau**

# Les robots marquent le pas à Fukushima

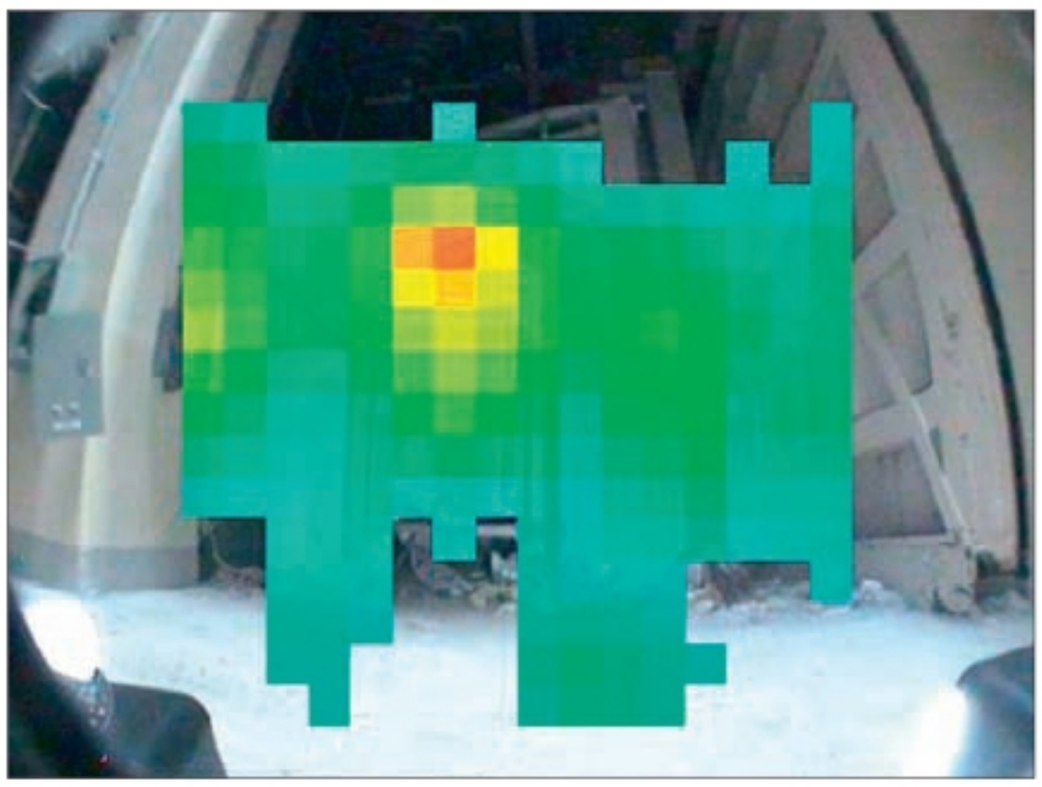
*Les robots étaient attendus comme des héros pour nettoyer les zones radioactives de la centrale accidentée. Bilan des opérations : ils tombent, manquent d'autonomie, voire restent prisonniers des décombres…*

CHIBA INSTITUTE OF TECHNOLOGY FURO

Quince 1, premier robot japonais à être entré dans la centrale, s'est retrouvé piégé dans le réacteur n° 2. Personne n'a pu le secourir, car il est coincé dans une zone extrêmement radioactive.

**Perdus dans l'obscurité** au milieu du chaos radioactif, de petits robots patrouillent les bâtiments réacteurs accidentés de la centrale de Fukushima. Leurs noms? PackBot, Warrior, Quince et Survey Runner, le dernier-né. Ils font au Japon figure de héros des temps modernes : leurs photos sont régulièrement à la une des journaux, et des exhibitions publiques sont organisées pour leur permettre de démontrer leur agilité. Alors que les automates n'avaient joué qu'un rôle limité lors de la catastrophe nucléaire de Tchernobyl (Ukraine) en 1986, en raison d'une technologie encore balbutiante, les robots de Fukushima devaient, selon les responsables de la Tokyo Electric Power Company (Tepco) – l'opérateur de la centrale –, changer la donne dans la crise nucléaire déclenchée par le séisme et le tsunami du 11 mars 2011. Mieux, ils étaient censés permettre aux ouvriers d'être

HO/TEPCO/AFP



HO/TEPCO/AFP

TEPCO

BETTY LAFON

**Le réacteur n° 1 le 20 mai 2011 (ci-contre, en haut), vu par la caméra d'un robot équipé en outre d'un capteur permettant de mesurer la radioactivité gamma (ci-contre, en bas). Ci-dessus, les opérateurs de Tepco pilotent un robot pour déblayer des gravats. Parfois, les pilotes sont amenés à aller en personne secourir les machines en détresse.**

beaucoup moins exposés à la radioactivité que les milliers de « liquidateurs » intervenus dans la centrale de Tchernobyl au péril de leur vie.

Montés sur des chenilles de type Caterpillar et équipés de capteurs, d'une caméra et parfois d'un bras articulé, les dix robots employés à Fukushima (6 américains et 4 japonais, *voir les fiches p. 78*) peuvent en effet effectuer des mesures de radioactivité, de température et d'humidité, dégager des débris, et même absorber à des fins d'analyse un peu d'eau contaminée, à l'aide d'un tissu embarqué.

« *Leur principale réussite est de parvenir à recueillir des informations à l'intérieur des bâtiments réacteurs*, résume-t-on à Tepco. *Des renseignements qui nous ont aidés à déterminer les prochaines étapes du plan d'action, à vérifier que les conditions étaient assez sûres pour que les employés puissent se rendre sur place, et à définir combien de temps ils pouvaient y rester.* » En réalité, loin des annonces de la communication officielle, le véritable bilan est bien mince. Retour sur les succès, les échecs et les espoirs.

## Ils résistent bien à la radioactivité

A forte dose, la radioactivité ne fait pas bon ménage avec les robots. Les particules radioactives (alpha, bêta, gamma, neutrons, etc.) peuvent affecter l'électronique en arrachant des électrons aux atomes de la matière, voire en déplaçant les atomes ou les molécules comme des boules de billard. Les tests menés par l'équipe d'Eiji Koyanagi, vice-directeur du Centre technologique de la robotique du futur à l'Institut technologique de Chiba, ont ainsi démontré que le capteur de positionnement et d'orientation (*scanning range finder*) ne répondait plus à environ 124 sieverts (Sv) cumulés. A 169 sieverts cumulés, c'est le capteur photographique qui présente des défauts de couleurs. Mais il s'agit là de niveaux de radioactivité considérables : rappelons que 100 % des hommes meurent à partir de 6 Sv cumulés *(voir l'infographie p. 79)*.

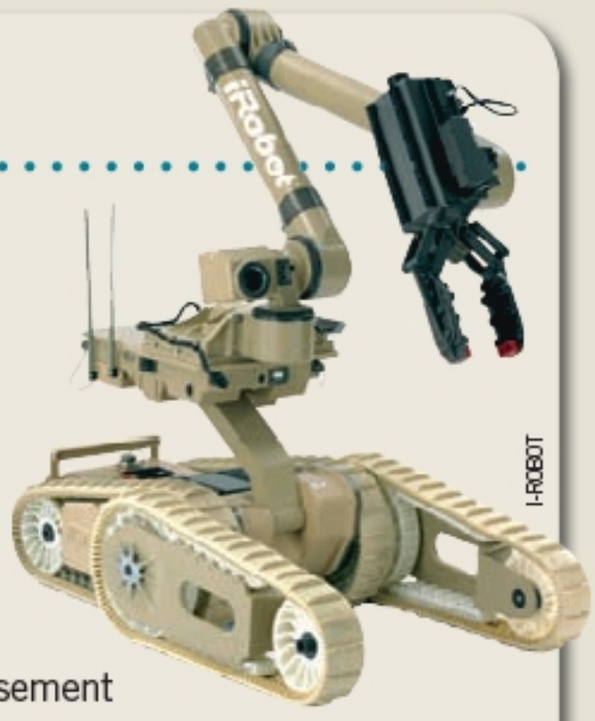
« *En fait, nos robots résistent assez bien à la radioactivité, car les semi-conducteurs ont vu leur taille diminuer* », précise Eiji Koyanagi. « Père » de Quince, il a fait le choix, comme la société I-Robot qui a conçu les appareils américains, de ne pas protéger ses engins par un blindage au plomb, afin de ne pas les alourdir. « *Mais nous ne savons pas avec précision à quel niveau maximum ils peuvent résister, car nous n'avons pas encore été confrontés à une situation susceptible d'endommager le système* », ajoute Kageharu Oikawa, qui dirige pour le compte de Tepco l'équipe des « pilotes » opérant sur le site. PackBot a ainsi survécu à la valeur sidérante de 4 Sv/heure dans le réacteur numéro 1. Mais résisterait-il au niveau record de 73 Sv/heure mesuré dans l'enceinte de confinement du réacteur numéro 2 (1)?

## Ils ne sont pas très rapides

Actuellement, seuls quatre robots sont réellement opérationnels dans les bâtiments réacteurs. Sur la dizaine existante, deux sont en effet en cours d'expérimentation, deux en maintenance et les deux derniers… sont restés bloqués dans le dédale des débris au cours d'une mission. En moyenne, les robots n'assurent qu'une mission par semaine. Ils ont fonctionné moins de 100 heures chacun. Résultat : ils n'ont inspecté qu'une partie restreinte des quatre réacteurs accidentés, 20 % environ selon les estimations de Kageharu Oikawa. « *Leurs capacités sont* ●●●

# Quatre modèles japonais et américains

## Warrior
(2 exemplaires)



I-ROBOT

**LE PLUS PUISSANT**
**Nationalité :** Etats-Unis
**Concepteur :** iRobot, une entreprise connue pour ses aspirateurs et ses robots militaires.
Deux exemplaires ont été prêtés à Tepco.
**Longueur :** 88,9 cm
**Largeur :** 76,8 cm avec les modules de franchissement d'obstacles
**Hauteur :** 45,7 cm
**Poids :** 157,4 kg
**Autonomie :** entre 4 et 6 heures
**Vitesse :** 12,9 km/h
**Franchissement d'obstacle :** 47 cm
**Résistance à la radioactivité :** inconnue
**Etats de service :** un exemplaire s'entraîne à la deuxième centrale de Fukushima, non touchée par la catastrophe ; le second est en maintenance.
**Atouts :**
- en juillet 2011, Tepco a installé un aspirateur pour enlever les poussières radioactives dans les réacteurs ;
- peut soulever un objet de 100 kg.

## PackBot
(4 exemplaires)

**LE PLUS UTILE**
**Nationalité :** Etats-Unis
**Concepteur :** iRobot, comme Warrior.
Deux exemplaires ont été prêtés à Tepco au début de la crise, deux autres vendus quelques semaines plus tard.
**Longueur :** 68,6 ou 88,9 cm (avec ou sans module pour franchir les obstacles)
**Largeur :** 40,6 ou 52,1 cm (avec ou sans module)
**Hauteur :** 17,8 cm (sans son bras manipulateur)
**Poids :** 10,89 kg (sans batteries)
**Autonomie :** entre 4 et 6 heures
**Vitesse :** 9,3 km/h
**Franchissement d'obstacle :** entre 25 et 50 cm (selon l'expérience du pilote)
**Résistance à la radioactivité :** inconnue
**Etats de service :** sur les quatre exemplaires, deux travaillent à la centrale de Fukushima, un s'entraîne et un est en maintenance.
**Atout :** peut ouvrir une porte grâce à son bras articulé.

I-ROBOT

## Quince
(3 exemplaires)

**LE PLUS MOBILE**
**Nationalité :** Japon
**Concepteurs :** l'Institut technologique de Chiba, l'université du Tohoku et l'Institut international des systèmes de secours.
Les trois exemplaires ont été prêtés à Tepco.
**Longueur :** 130 cm avec les modules de franchissement d'obstacles.
**Largeur :** 48 cm
**Hauteur :** 110 cm
**Poids :** 47-50 kg (avec ou sans batteries)
**Autonomie :** 3 heures
**Vitesse :** 1,4 km/h
**Résistance à la radioactivité :** 124 sieverts
**Etats de service :** le premier exemplaire est resté coincé dans la centrale; Quince 2 et 3 sont en fonctionnement.
**Atout :** est capable de monter les escaliers de la centrale.

CHIBA INSTITUTE OF TECHNOLOGY FURO

## Survey Runner
(1 exemplaire)

**LE SPÉCIALISTE**
**Nationalité :** Japon
**Concepteur :** Topy Industry. Prêté à Tepco.
**Longueur :** 75,5 centimètres avec les modules de franchissement d'obstacles.
**Largeur :** 51 cm
**Hauteur :** 83 cm
**Poids :** 45 kg
**Autonomie :** 5 heures
**Vitesse :** 2 km/h
**Franchissement d'obstacle :** 23,5 cm
**Résistance à la radioactivité :** inconnue
**Etats de service :** l'unique exemplaire de Survey Runner est resté coincé dans la centrale nucléaire à la mi-juillet.
**Atout :** conçu spécifiquement pour intervenir à Fukushima, il était capable de monter et de descendre des escaliers pentus et humides de seulement 70 cm de largeur.

TEPCO

●●● *limitées*, déplore-t-il. *Nous avons souvent besoin d'effectuer une tâche dans l'urgence. Or, il faut des mois pour développer des programmes spécifiques qui leur permettent de la réaliser!* »

### Ils se retrouvent pris au piège des débris

Quince 1, le premier robot japonais à avoir parcouru les bâtiments réacteurs à partir de juin 2011, a été la première victime des difficultés de communication entre les automates et leurs pilotes. La liaison qu'il entretenait avec les opérateurs s'est interrompue soudainement le 20 octobre 2011, alors qu'il explorait le deuxième étage du réacteur 2. Comme la radioactivité atteignait entre 15 et 20 millisieverts/heure dans cette zone (la dose autorisée pour un travailleur du nucléaire en France est de 20 mSv/an), personne n'est allé le secourir. Quince 1 a été abandonné à son sort. En juillet dernier, c'était au tour de Survey Runner, autre robot japonais, de rester coincé alors qu'il mesurait des niveaux de radioactivité très élevés (de l'ordre de plusieurs centaines de millisieverts/heure) dans un niveau inférieur du bâtiment réacteur 3. Un demi-tour périlleux a probablement été fatal au câble qui le reliait à son opérateur. Pour éviter ce genre de déboires, les robots américains PackBot sont désormais envoyés en mission par deux : le premier est câblé tandis que le second, qui évolue à proximité, communique avec lui par liaison sans fil. De cette façon, ils peuvent s'entraider en cas d'avarie. Surtout, les deux engins peuvent se filmer l'un l'autre, ce qui facilite grandement le travail du pilote quand l'un des deux est par exemple en train de soulever ou de déplacer un objet.

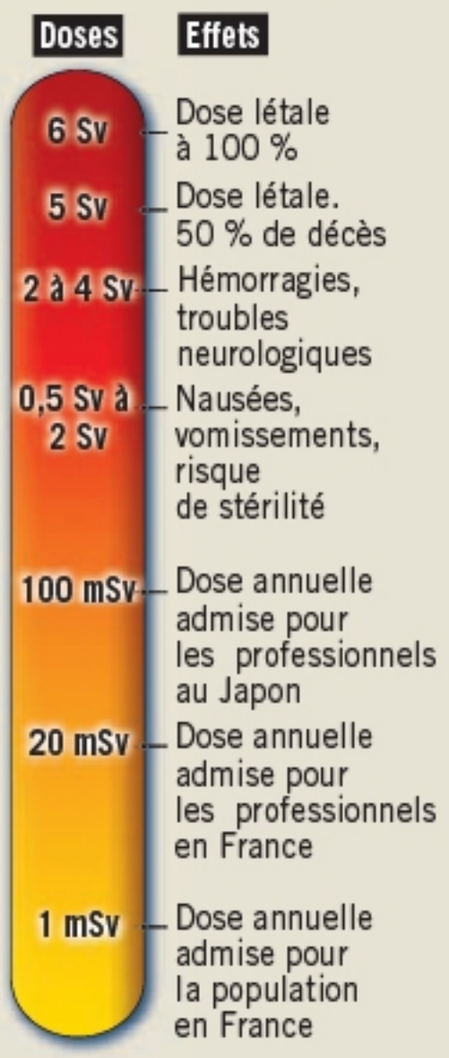
### Ils ont du mal à se déplacer

Si Quince a réussi l'exploit de grimper jusqu'au quatrième étage de l'unité 2, et Survey Runner celui d'examiner le sous-sol de cette même unité, les autres robots sont restés cantonnés au rez-de-chaussée, les escaliers constituant pour eux un obstacle infranchissable. De plus, se déplacer dans un environnement aussi chaotique que Fukushima, où les débris de structures et matériaux laissés par la catastrophe s'accumulent au sol, n'est pas chose aisée. Sans compter que l'humidité ambiante, due à la présence des milliers de tonnes d'eau utilisée pour refroidir les réacteurs, embue les caméras embarquées, ce qui rend parfois les données inexploitables.

### Leur batterie manque d'autonomie

Avec quatre à six heures d'autonomie pour l'américain PackBot et seulement trois heures pour le japonais Quince, les batteries sont un vrai point faible. « *De plus, elles reviennent contaminées de leur mission et émettent entre 10 et 20 mSv/h*, reconnaît Eiji Koyanagi. *Or, il faut entre 10 et 20 minutes aux opérateurs pour changer les batteries, laps de temps pendant lequel ils sont eux-mêmes contaminés malgré le port de trois paires de gants. Cela dépasse la dose de radioactivité journalière autorisée.* » Pour y remédier, le chercheur et son équipe sont en train de concevoir un système capable de recharger la batterie par *plug in* : le robot serait branché automatiquement à une prise électrique. Ils réfléchissent en outre à un procédé qui permettrait à l'automate de se recharger seul, par contact avec une borne de recharge installée devant chaque réacteur. ●●●

### Les effets de la radioactivité



BETTY LAFON

## La force d'intervention française intéresse les Japonais

Bien sûr, il est très difficile de concevoir un robot par anticipation, avant de connaître la nature d'une crise, notamment nucléaire. Comment savoir quel robot va se montrer utile, quelle sera sa mission exacte? Tout le pari du groupe d'Intervention robotique sur accidents (Intra), fondé par EDF, le CEA et Areva en 1988 dans le sillage de la catastrophe de Tchernobyl, consiste pourtant à élaborer et exploiter une flotte de robots capables d'opérer sur le lieu de n'importe quel accident nucléaire en France en moins de 24 heures. Dès le 19 mars 2011, soit une semaine après le séisme et le tsunami qui ont déclenché la crise, l'Intra, l'une des rares forces d'intervention d'urgence mondiales, se tenait prête à décoller pour Fukushima. Mais son aide a été refusée par le Japon, sans aucune explication officielle. Aujourd'hui, le groupe français tient peut-être sa revanche. « *Il intéresse beaucoup les Japonais, qui aimeraient développer une structure similaire*, se félicite Michel Chevallier, le directeur d'Intra. *Nous avons reçu la visite de la compagnie électrique du Kansai Kepco* [qui alimente en électricité l'ouest du Japon], *et nous sommes en contact avec l'Agence japonaise pour l'énergie atomique.* » Mieux, la Fédération des compagnies électriques du Japon a annoncé la création de l'équivalent du groupe Intra, qui devrait voir le jour en 2015. A défaut de sortir du nucléaire, le Japon entend se tenir (mieux) prêt en cas de nouveau drame.

ALAIN JOCARD/AFP

**L'un des robots de l'Intra, toujours prêt à une intervention d'urgence.**

### Ils n'ont pas significativement réduit l'exposition des humains à la radioactivité

C'est le principal échec des essais en cours : les opérateurs sont contraints de rester au plus près des appareils, dans un hangar contaminé situé à l'entrée des bâtiments réacteurs. *« Ils sont à une vingtaine de mètres à peine du robot qu'ils commandent »*, soupire Kageharu Oikawa. La radioactivité depuis ce poste de pilotage est de l'ordre de quelques centaines de microsieverts/heure. Conséquence : si la mission dure entre deux et cinq heures, l'exposition du pilote, même équipé d'une combinaison contre la radioactivité, n'est pas négligeable. Si l'on prend l'hypothèse qu'il se trouve dans une zone exposée à 0,2 mSv/h pendant cinq heures, il reçoit une dose de l'ordre de 1 millisievert dans une journée. En France, il s'agit de la dose admise en un an pour le grand public, hors radioactivité naturelle et doses reçues pour raisons médicales. Mais les opérateurs n'ont pas d'autre choix car, du fait de l'épaisseur des murs, les ondes ne passent pas. Pour guider les robots, il faut donc utiliser des câbles, longs de 100 mètres (pour PackBot) à 400 mètres (pour Quince). Une longueur qui n'est jamais complètement utilisée, afin de garder de la réserve si le câble vient à se coincer.

Surtout, les opérateurs sont parfois contraints de quitter leur poste pour secourir l'engin en détresse. *« C'est le cas lorsqu'il faut le faire passer au-dessus d'un tuyau, pour ne pas prendre le risque d'abîmer ce dernier »*, explique Kageharu Oikawa. Une situation qui frise l'absurde, Tepco l'a bien compris. *« Nous envisageons de piloter les robots à partir d'un bâtiment administratif distant de 300 à 500 mètres des bâtiments réacteurs »*, poursuit le spécialiste. Des fibres optiques sont en cours d'installation.

### Ils ouvrent la voie à d'autres dispositifs

Selon la feuille de route du gouvernement japonais, il faudra 40 ans pour démanteler la centrale, ce qui laisse le temps aux robots et autres systèmes contrôlés à distance de se perfectionner. Le symposium international sur le démantèlement de Fukushima qui s'est tenu en mars dernier à Tokyo a été l'occasion d'une vaste réflexion sur leur rôle. Avant mars 2013, des robots devraient être testés pour décontaminer les zones faciles d'accès. Puis doivent démarrer des essais de décontamination des zones plus dangereuses, proches de l'enceinte de confinement. Il faudra ensuite des années pour développer et tester des engins capables de boucher les fuites d'eau de l'enceinte de confinement, d'inspecter l'intérieur de la cuve pour identifier l'état et la position du combustible fondu et enfin de réparer l'enceinte de

## Des engins militaires

Les robots qui évoluent dans les quatre réacteurs endommagés de la centrale de Fukushima n'ont pas été initialement conçus pour intervenir lors d'un accident nucléaire, hormis le japonais Survey Runner, sur place depuis avril dernier. La plupart sont des engins militaires, expérimentés sur les terrains de guerre. Opérationnel à Fukushima depuis avril 2011, soit moins d'un mois après l'accident, le robot américain PackBot est ainsi utilisé à plusieurs milliers d'exemplaires en Irak et en Afghanistan, où il sert à localiser et désamorcer des explosifs. La société I-Robot l'a adapté dans l'urgence pour le Japon en le dotant d'une panoplie de capteurs utiles (niveau d'oxygène, température, radioactivité gamma…). De même, les trois robots Talon qui ont travaillé à Fukushima durant quelques mois après la catastrophe ont été conçus par l'entreprise américaine Qinetiq pour des opérations militaires.

Au pays des robots les plus avancés de la planète, l'absence initiale d'appareils japonais à la centrale de Fukushima a longtemps été moquée. *« Le Japon s'est trop concentré sur les humanoïdes*, estime Michele Guarnieri, l'un des fondateurs de la société japonaise Hibot, spécialisée dans les robots en milieu extrême. *Ceux-ci sont capables d'enseigner le golf, mais pas de se faufiler dans les zones accidentées. »*

Pourtant, les autorités nippones, échaudées par l'accident qui avait fait deux morts dans une usine de préparation du combustible enrichi à Tokai-Mura, en 1999, avaient bien conçu une série d'automates spécialisés dans les environnements radioactifs. Mais le mythe de la sûreté des installations nucléaires les a relégués au placard. Quince est toutefois venu sauver l'honneur en juin 2011.

Son prototype avait été pensé pour intervenir en cas de séisme, de glissement de terrain ou d'attaques terroristes ou biochimiques.

AP/SIPA_CHINE NOUVELLE/SIPA

**Un mois après le séisme, des robots étaient à pied d'œuvre dans la centrale. A gauche, l'américain PackBot, dont quatre exemplaires sont en service à Fukushima, explore le réacteur n° 1 le 17 avril 2011. Le lendemain, il démontrait dans les réacteurs n° 3 (au centre à gauche et à droite) et n° 2 (à l'extrême droite) son plus grand talent : ouvrir une porte.**

confinement. Ces missions ne sont encore qu'hypothétiques : personne ne peut dire à ce jour si des machines automatisées seront capables de les accomplir, ni s'ils représentent la meilleure solution.

Une multitude d'entreprises rêvent de participer à ce gigantesque et lucratif chantier, mené en partenariat avec Hitachi, Toshiba et Mitsubishi, les trois grands fabricants japonais de centrales nucléaires désignés par le gouvernement pour chapeauter la recherche et développement dans ce domaine. L'Etat a mis près de 30 millions d'euros (2) sur la table pour mettre au point la technologie nécessaire, dont les robots. A ce budget, il faut ajouter les investissements propres de Hitachi, Toshiba, Mitsubishi et Tepco. A côté de ces grands groupes, de nombreuses start-up, essentiellement japonaises, sont sur les rangs pour développer ou codévelopper de nouveaux robots. Elles tiennent là, enfin, une opportunité de lancer de nouveaux prototypes, et peut-être de les tester sur le terrain. **Marie Linton**

## Oi : deux réacteurs relancés

Malgré l'émotion suscitée par le drame de Fukushima, le Japon ne s'oriente pas vers une sortie de l'atome à court terme. Le gouvernement, qui devait rendre sa décision en août, privilégie *a priori* l'option consistant à produire 15 % de l'électricité du pays par le nucléaire à l'horizon 2030, contre près de 30 % avant la catastrophe. Un choix qui permet de continuer à faire tourner les centrales existantes et limite l'impact économique d'une sortie rapide du nucléaire. Déjà, deux réacteurs de la centrale d'Oi, dans l'Ouest, ont été relancés en juillet 2012, alors qu'en mai, plus aucun des 54 réacteurs du pays ne fonctionnait. Après le tsunami, ils avaient tous été mis à l'arrêt les uns après les autres pour entretien, selon la procédure technique habituelle. L'opposition d'une majorité de Japonais avait empêché leur redémarrage.

1) Exposé à une radioactivité de 73 Sv/h, un individu commence à vomir au bout d'une minute et meurt au bout de 8 minutes environ, selon Tepco. Ce niveau record a été mesuré en mars 2012. Il s'explique par le fait qu'il n'y avait que 60 centimètres d'eau de refroidissement dans l'enceinte de confinement, au lieu de 4 mètres comme on le pensait.

2) Le gouvernement a accordé 1 milliard de yens (10 millions d'euros) de subventions à Hitachi, Mitsubishi et Toshiba sous forme de *« subventions pour le développement des technologies pour résoudre l'accident nucléaire »*, 980 millions de yens (9,8 millions d'euros) à ces trois sociétés et aux autres entreprises auxquelles ont été confiées les missions de recherche et de développement définies par l'Etat, et enfin 1 milliard de yens (10 millions d'euros) à la structure qui organise le développement des énergies et technologies nouvelles (Nedo) pour qu'elle conçoive des robots capables de faire face à une catastrophe naturelle (on peut penser que Fukushima est principalement visé).

TEPCO

**Un opérateur lit les données de radioactivité gamma envoyées par le robot auquel il est relié par câble.**

## Finance

# Pourquoi Facebook a-t-il raté son introduction en Bourse ?

**LE CONTEXTE**

**L'entrée en Bourse de Facebook en mai a pris les allures d'un fiasco pour les investisseurs. En cause, des défaillances du système informatique. Que s'est-il passé ?**

**En comptant « lever »** pas moins de 16 milliards de dollars, Facebook devait représenter la plus importante entrée en Bourse de l'histoire pour une société Internet. Le 18 mai, 421 millions d'actions étaient ainsi mises sur le marché du Nasdaq (National Association of Securities Dealers Automated Quotations), la deuxième Bourse d'actions aux Etats-Unis, au prix de 38 dollars chaque. Or, à la clôture, le titre atteignait à peine 38,27 dollars avant de chuter de 30 % les deux semaines suivantes. Aujourd'hui, les pertes des investisseurs sur cette journée d'entrée en Bourse – ou IPO (Initial Public Offering) – sont estimées à 120 millions de dollars, et la société qui gère le Nasdaq, Nasdaq OMX, s'est engagée à les dédommager à hauteur de 40 millions. Car un dysfonctionnement de son système informatique est en cause.

Les places boursières sont aujourd'hui entièrement informatisées. *« L'ordinateur remplace ce que l'on appelait la "corbeille" en concentrant tous les ordres d'achat ou de vente »*, explique Amine Tarazi, professeur d'économie à l'université de Limoges. Résultat : l'offre et la demande fixent le prix des actions en continu, et non plusieurs fois par jour comme cela se déroulait autrefois sous l'arbitrage de commissaires. De plus, on ne confronte plus aujourd'hui tous les ordres d'achat et toutes les offres de vente accumulées avant de conclure une transaction ; seul l'ordre d'arrivée compte. Le Nasdaq fonctionne un peu différemment. Cette place de marché est dédiée aux sociétés à fort potentiel, mais où l'investissement est risqué. L'entrée en Bourse se fait donc en deux temps. Avant l'IPO, des animateurs de marché (financiers, banques d'investissement) achètent tous les titres émis, garantissant à la société sa levée de fonds. C'est le marché primaire. L'IPO met donc les investisseurs potentiels en contact, non pas avec la société émettrice du titre, mais avec ces vendeurs ; c'est le marché secondaire.

Pour Facebook, l'opération a commencé à 9h30 par la procédure dite de l'IPO Cross. *« Le marché dispose alors de quelques heures pour collecter tous les ordres des opérateurs afin de fournir le premier "prix coté"*, explique Angelo Riva*, professeur de finance à l'European Business School de Paris. *Ce prix est à comparer au "prix d'ouverture"* [en l'occurrence les 38 dollars de l'action]. *Plus l'écart est réduit, plus l'opération est efficace pour la société. »* A 11h30, le logiciel du Nasdaq était censé calculer en quelques millisecondes ce prix avant d'ouvrir la voie aux transactions. Or, le système s'est bloqué, comme l'a reconnu Nasdaq OMX. Il a été incapable de

KEITH BEDFORD/REUTERS

David Wicks, vice-président de Nasdaq OMX, annonçant la valeur quasi inchangée du titre lors de la séance du 18 mai.

gérer en parallèle les ordres qui continuaient à arriver en masse. Conséquence : les investisseurs ont cessé de recevoir confirmation de leurs ordres. D'où un moment de panique. « *Dans le doute, certains opérateurs ont commencé à vouloir annuler les opérations qu'ils venaient d'effectuer, ce qui a ajouté un problème supplémentaire* », poursuit l'expert. Une version de secours du système a dû être activée. Problème : elle tenait compte des calculs du cours de l'action établis… vingt minutes plus tôt ! Le bug informatique a ainsi généré un « trou noir », les investisseurs ne sachant plus quelles étaient leurs positions en temps réel. Autant de dérèglements qui ont fait chuter les cours. Il a fallu l'intervention de la banque américaine Morgan Stanley, ingénieur financier chargé de fixer le prix d'ouverture, pour maintenir l'action Facebook au-dessus de la barre fatidique des 38 dollars grâce à un ordre d'achat massif de titres.

Le président de Nasdaq OMX, Robert Greifeld, a assuré que le système avait été testé sur des « *centaines de scénarios* ». Mais les défaillances techniques ne sont en fait que la partie émergée de l'iceberg. « *Il existe en réalité une concurrence entre les places boursières qui crée une pression pour proposer des solutions informatiques de plus en plus innovantes*, explique Angelo Riva. *De fait, on passe de moins en moins de temps à les fiabiliser.* » L'été dernier, un bug informatique a ainsi suspendu pendant une heure les opérations à Euronext, le premier groupe mondial des places boursières, et le London Stock Exchange les a multipliés entre 2009 et 2011. En mars, un autre bug a perturbé l'entrée en Bourse de BATS Global Markets, la société qui gère le… BATS Stock Exchange ! Quand la finance devient victime de la finance…

* Coauteur avec Paul Lagneau-Ymonet de *L'Histoire de la Bourse*, éd. La Découverte.

## Communications

# Peut-on surveiller la qualité de sa connexion Internet ?

**LE CONTEXTE**

**L'Europe envisage de mettre à disposition des internautes les moyens de mesurer la qualité de leur accès à Internet. Comment ce dispositif fonctionnerait-il ?**

**Depuis plus de deux ans,** les autorités de régulation du secteur des télécoms en Europe réfléchissent aux moyens de garantir la « neutralité du Net ». C'est-à-dire d'éviter que l'accès à Internet soit bridé, que certains services et usages soient privilégiés – notamment quand les fournisseurs d'accès à Internet (FAI) sont aussi fournisseurs de contenus –, voire qu'une catégorie d'internautes soit mieux desservie que d'autres. Le tout à l'insu de l'usager.

Réuni à Dubrovnik (Croatie) fin mai, l'Organe des régulateurs européens des communications électroniques (Orece) a demandé que les internautes puissent disposer à terme d'outils leur permettant de vérifier la qualité de leur connexion. L'idée ? Scruter des paramètres factuels, si possible en temps réel : vitesse à laquelle les informations entrent et sortent de l'ordinateur, accès à des services et contenus (pages Web, vidéos, téléchargements), temps de latence…

« *Si les pratiques de gestion de trafic de certains FAI différencient la qualité d'une application à l'autre par des blocages ou des ralentissements ciblés, ces différences pourront être mises en évidence* », indique l'Autorité de régulation des communications électroniques et des postes française (Arcep), dans un rapport mi-mai. Ce projet implique de déployer des équipements de mesure sur les réseaux de chaque FAI, reliés à des serveurs de tests. Les résultats y seront stockés, consultables *via* un logiciel à télécharger ou sur un site dédié. C'est déjà le cas en Italie, où l'AGCOM met à disposition le logiciel Ne.Me.Sys, et en Norvège avec le site Nettfart.no. En Grèce, une page de l'EETT permet à l'internaute de découvrir des mesures classées par région et par FAI.

MAXPPP

**La Grèce et l'Italie ont déjà réalisé des mesures de qualité des FAI.**

A quand un système équivalent en France ? L'Arcep a déjà publié un projet de décision listant les modalités. Objectif : définir un premier cadre d'ici à la fin de l'année. Mais un porte-parole de l'organisme prévient : « *N'oublions pas que la publication d'indicateurs sur la téléphonie fixe nous avait déjà pris des années…* »

DERRIÈRE LES MOTS

# Z3X

**Depuis la loi sur la sécurité intérieure** de mars 2011, les opérateurs de téléphonie mobile ont l'obligation de bloquer dans un délai de quatre jours l'usage des appareils dont le vol leur a été signalé. Pour cela, ils communiquent l'immatriculation du boîtier (IMEI) à une base de données européenne située à Dublin (Irlande), la Central Equipment Identity Register (ou IMEI database). Ce numéro est alors désactivé et l'appareil devient inutilisable. Or la police a découvert que des magasins parisiens de téléphonie proposaient un logiciel capable de contourner ce système : le logiciel Z3X. Cet outil réattribue un numéro IMEI à un téléphone volé et bloqué, permettant ainsi de le réutiliser et donc de le revendre. Il fonctionne pour les modèles Samsung, Nec, LG, Benq-Siemens, et l'acheteur n'a aucun moyen de se rendre compte du tour de passe-passe. Les opérateurs réfléchissent à une parade, mais l'affaire a mis en évidence une autre faille : la désactivation centralisée du téléphone ne vaut que sur les réseaux européens. L'appareil volé peut tout à fait être remis en service sur d'autres continents, où le numéro d'IMEI n'est transmis à aucun organisme chargé de le blacklister.

## Le bracelet en cuivre à l'épreuve des faits

# Un bijou aux pouvoirs de pacotille

BERNARD MARTINEZ POUR SCIENCES ET AVENIR

La perception de la douleur par le porteur du bracelet est altérée par l'effet « placebo ».

**Il aide à** *« soulager l'arthrose et l'arthrite »*, à *« apaiser durablement l'inflammation »* et même à *« stimuler le système immunitaire »*... Ce remède « miracle », vendu entre 10 et 50 € sur Internet, c'est le bracelet de cuivre. Selon Copperson, le leader mondial des bijoux de bien-être, il aurait été adopté par *« des dizaines de millions de personnes à travers le monde »* convaincues d'avoir trouvé un moyen efficace pour calmer les douleurs. D'autant qu'une étude scientifique australienne, menée par W. R. Walker et Daphne Keats et parue en 1976 (1), est venue renforcer cette conviction populaire.

A l'issue d'un essai clinique d'une durée d'un mois, les deux chercheurs concluaient à l'époque que le bijou *« semblait avoir un intérêt thérapeutique positif contre l'arthrite »* en soulageant les douleurs. Les malades retenus pour l'étude étaient répartis en trois groupes : le premier avec bracelet de cuivre, le deuxième avec bracelet d'aluminium, le troisième sans rien. Selon les chercheurs, l'efficacité aurait tenu au fait que le cuivre, dissous notamment par la sueur, se diffuse à travers la peau, compensant une carence chez les personnes souffrant d'arthrite. Une explication que semblait confirmer la diminution du poids des bracelets au cours de l'expérience (-13 mg en moyenne).

Mais en 2009, un nouvel essai clinique, mené par Stewart Richmond à l'université d'York au Royaume-Uni (2) sur 45 personnes durant seize semaines, est venu démentir ces résultats. Le cuivre serait inefficace pour soulager la douleur. *« Les personnes croient que les bracelets sont efficaces car elles ont tendance à les porter quand la douleur est la plus forte. Or, dans la plupart des cas, la douleur disparaît d'elle-même. Cette rémission naturelle est alors attribuée au pouvoir du cuivre. »* Autre explication : *« La perception de la douleur est altérée par l'effet* placebo », avance Stewart Richmond, qui dans un autre essai clinique à paraître, montre une nouvelle fois que les bracelets en cuivre n'ont aucun effet contre les symptômes de la polyarthrite rhumatoïde.

*Quid* alors des résultats de 1976? L'équipe britannique en a détaillé les résultats. *« L'étude comportait de nombreux biais. Ainsi, 68 % des participants ont été exclus du protocole, certains pour n'avoir pas suivi les recommandations, d'autres parce que le poids de leur bracelet avait augmenté! De plus, les bracelets en aluminium, très différents de ceux en cuivre, ont été facilement identifiés comme* placebo *par les participants »*, précise Stewart Richmond. Il reste qu'aucune étude n'a démontré à ce jour une corrélation entre l'absorption du cuivre par la peau et la réduction de la douleur liée à l'arthrite!

**Aucune étude n'a démontré à ce jour une corrélation entre l'absorption du cuivre par la peau et une réduction de la douleur liée à l'arthrite**

(1) www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/961545
(2) www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19942103

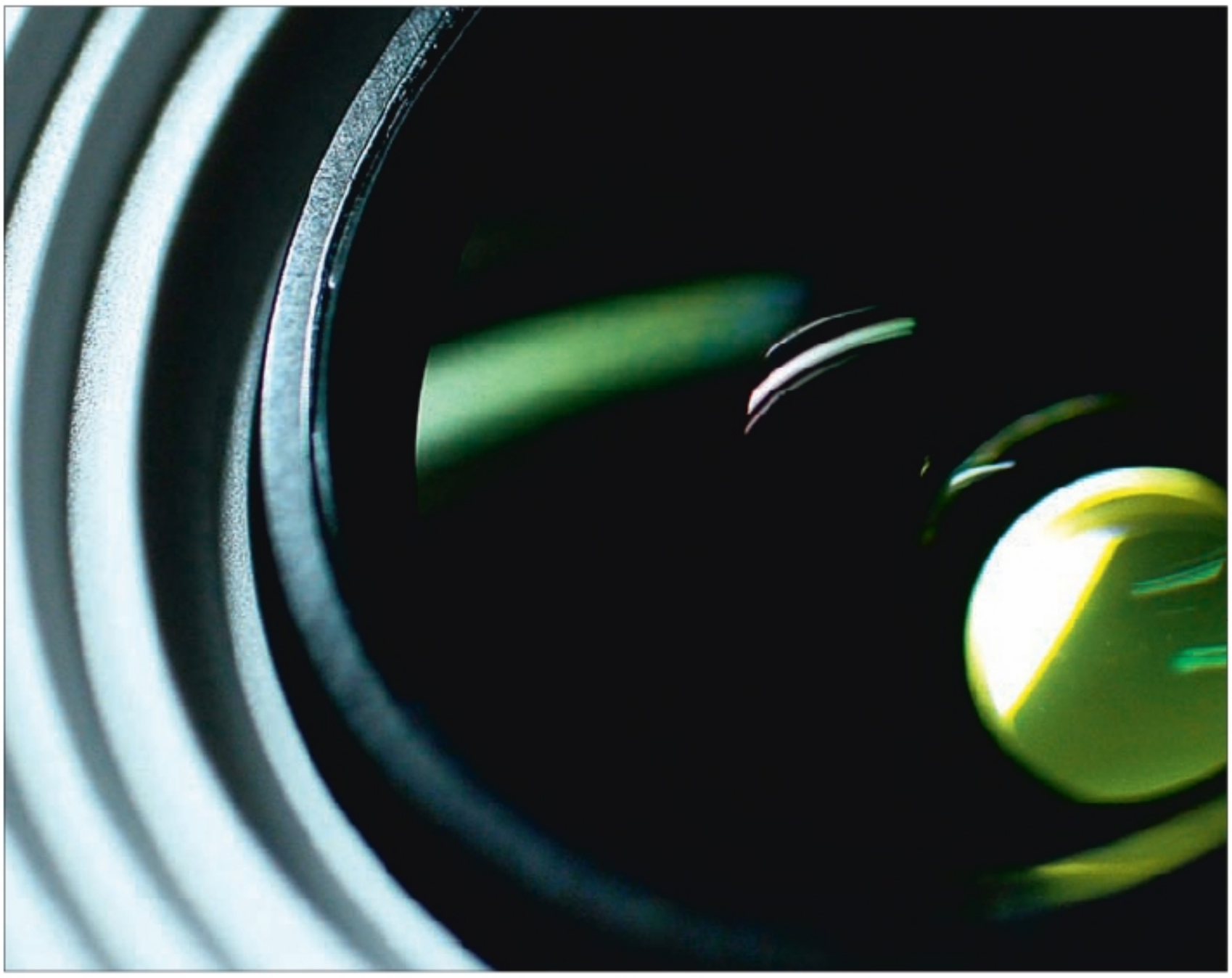
RETROUVEZ L'INTÉGRALITÉ DE VOTRE MAGAZINE EN VERSION DIGITALE.
POUR ÊTRE INFORMÉ OÙ QUE VOUS SOYEZ.

SCIENCES ET AVENIR

L'APPLICATION DE SCIENCES ET AVENIR EST DISPONIBLE POUR IPAD, IPHONE ET POUR LES APPAREILS SOUS ANDROID.
DÉCOUVREZ ÉGALEMENT LA VERSION DIGITALE SUR PC ET MAC.

# Home-cinéma qualité pro

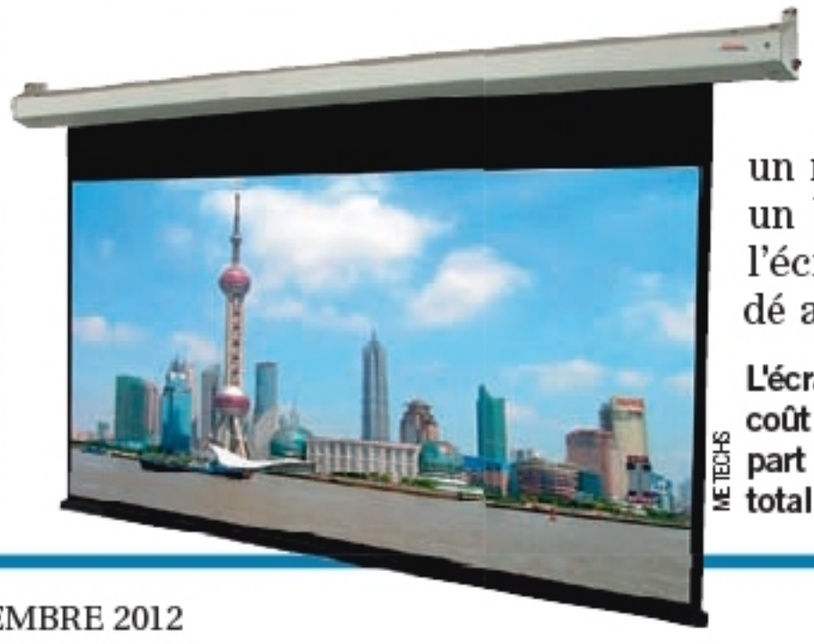
*Transformant le plus modeste salon en salle obscure haute définition, les vidéoprojecteurs envahissent le monde du home-cinéma. Leurs performances dépendent pour beaucoup de leurs compléments obligés, écrans et haut-parleurs.*



BERNARD MARTINEZ POUR SCIENCES ET AVENIR

## Pourquoi acheter un vidéoprojecteur ?

**Un vidéoprojecteur** home-cinéma permet de projeter une vidéo sur grand écran, qu'elle provienne d'un ordinateur, d'un lecteur de DVD ou d'une « box » Internet. On peut ainsi regarder un film avec une qualité et un confort de vision comparables à ceux d'une salle de cinéma. En effet, l'évolution des technologies d'affichage, notamment pour le contraste, et l'arrivée de la vidéo haute définition offrent à ces appareils une qualité d'image très performante. De plus, la lampe – qui constituait leur point faible voilà quelques années – a désormais une durée de vie acceptable. A condition de bien respecter les cycles d'allumage ou d'extinction, elle atteint 5000 heures. Ce qui correspond à près de cinq ans et demi pour un utilisateur regardant chaque jour un film d'une durée de 2 h 30 (usage intensif). Rappelons que les vidéoprojecteurs ne sont pas conçus pour des pièces trop éclairées : il faut les plonger dans le noir.



METECHS

L'écran est capital. Son coût peut représenter une part importante du budget total de l'installation.

## Comment choisir l'écran ?

**Un vidéoprojecteur** n'est rien… sans un écran pour projeter les images. Si une multitude de modèles existe, il est conseillé de s'orienter vers un format 16/9 doté de bordures noires, pour une meilleure délimitation de l'image et des contrastes accrus. En revanche, inutile d'investir dans un modèle géant. Pour un bon confort visuel, l'écran doit être regardé avec un recul d'environ 1,5 fois sa base. Ainsi, si celle-ci mesure 2 mètres, le spectateur devra se placer à 3 mètres. La manière dont l'écran réfléchit la lumière – le grain – est primordiale. Un modèle à faible grain – peu réfléchissant – et de couleur blanc mat est préférable. Il évite qu'un halo gênant ne se crée sur l'image. Option de confort : l'écran motorisé. Les puristes apprécient les modèles « transsonores » derrière lesquels on peut placer les enceintes. A défaut d'écran, on peut se rabattre sur des peintures spécifiques pour le mur du salon. Réservé aux passionnés…

## Faut-il des équipements complémentaires ?

**Le vidéoprojecteur** ne prend en charge que l'image et, même si certains modèles sont équipés de haut-parleurs, la restitution sonore reste embryonnaire. Il est donc indispensable d'acquérir des enceintes adéquates. De même, l'appareil ne comportant ni récepteur télé interne (tuner) ni lecteur, il n'est d'aucune utilité seul. Comme c'était le cas sur les chaînes hi-fi voilà quelques années, il ne constitue en effet que l'un des maillons d'un ensemble de restitution audio vidéo. Il faut en conséquence l'accompagner d'éléments capables de délivrer une vidéo de qualité, comme un lecteur de Blu-ray, pour disposer d'une véritable image haute définition, associés à un système d'écoute multicanal, 5.1 ou mieux 7.1. On retrouve alors l'ambiance sonore des films dans des conditions d'écoute identiques, voire supérieures, à celles des salles de cinéma.

KLIPSCH

**Pour un spectacle total, un jeu d'enceintes est indispensable.**

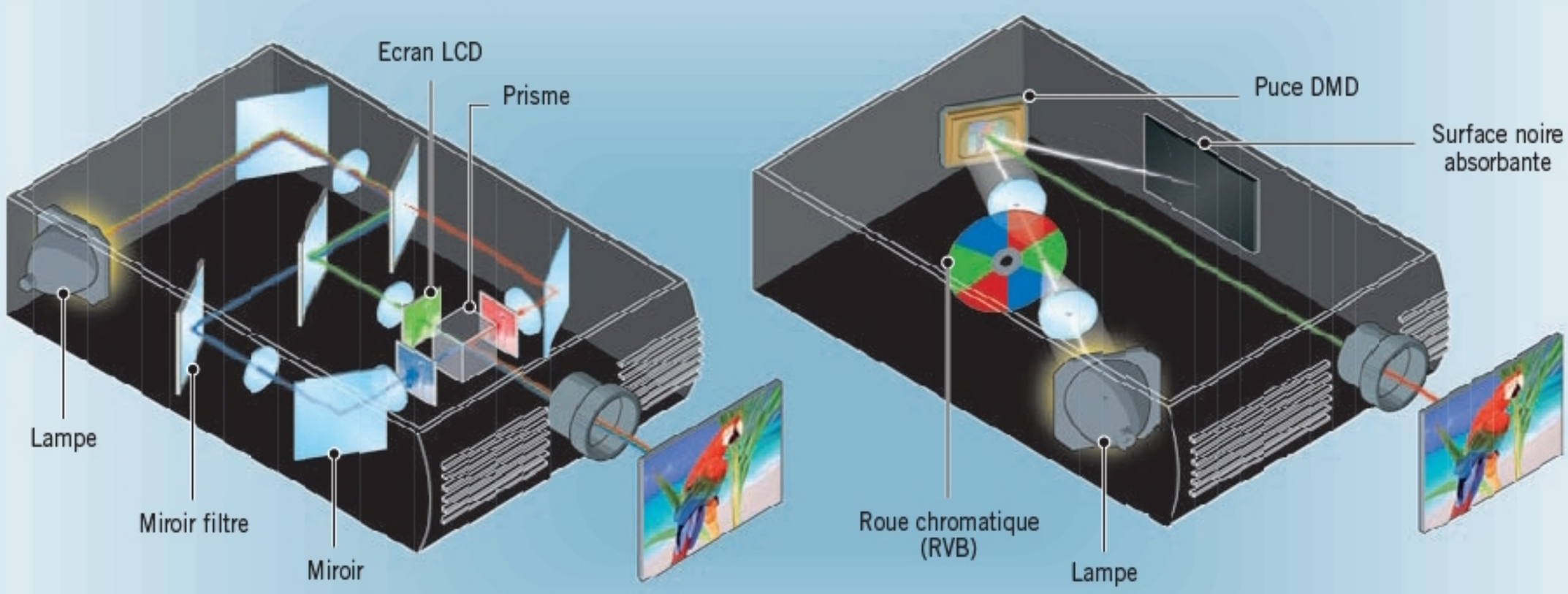
## Comment l'installer et le raccorder ?

**L'idéal est de** fixer son vidéoprojecteur de manière définitive afin de n'avoir pas à reprendre les réglages de mise au point et de géométrie d'image à chaque utilisation. Le plus souvent, l'appareil est fixé au plafond ou dans un meuble permettant de le masquer lors qu'il est inutilisé. Cependant, il faut le connecter à un amplificateur home-cinéma faisant office de sélecteur pour choisir entre lecteur Blu-ray, box Internet, enregistreur numérique, etc. Ce dernier devant rester à portée de main, il est indispensable de tendre un câble pour relier les deux appareils. Le choix

DR

doit se porter sur un câble HDMI (compatible 3D si on le souhaite), qui préserve un acheminement intégralement numérique de la vidéo, mais qui revient cher lorsque sa longueur excède une dizaine de mètres. Il existe des câbles meilleur marché, dits YUV, basés sur trois fiches rouge/vert/bleu, mais la liaison, analogique, est sujette aux dégradations.

# Deux technologies en lice




**LCD** La lumière blanche, provenant de la lampe, est scindée en trois faisceaux (un rouge, un vert et un bleu) par un jeu de miroirs et de filtres colorés. Chaque faisceau traverse ensuite un mini-écran LCD qui affiche l'image correspondant respectivement aux zones rouges, vertes et bleues de l'image. Un prisme recompose ces trois images primaires et l'objectif projette l'image en couleurs sur l'écran.

- ⊕ Pas de franges colorées sur les déplacements rapides
  Pas de pièce mécanique en mouvement
- ⊖ Manque de profondeur des noirs
  Délimitation des pixels visible

**DLP** La puce DMD, composée de 2 millions de micromiroirs, travaille en réflexion pour former l'image. Un jeu de filtres monté sur un disque tournant à haute vitesse, on parle de « roue chromatique », colore successivement le faisceau de la lampe en rouge, vert et bleu. En parfait synchronisme, la puce DMD affiche une image correspondant aux zones rouges, vertes puis bleues de l'image. L'objectif la projette. La persistance rétinienne nous fait percevoir une image en couleurs et non une succession d'images de teintes différentes.

- ⊕ Noirs profonds et délimitation des pixels peu visible
- ⊖ Effet arc-en-ciel sur les mouvements rapides parfois visible
  Présence de la roue chromatique.

BETYY LAFON

# 10 vidéoprojecteurs au banc d'essai

| Marque | Infocus | Vivitek | Acer |
|---|---|---|---|
| Modèle | SP8600 | D538W-3D | H6500 |
| Prix indicatif | 699 € | 699 € | 799 € |
| Technologie | DLP | DLP | DLP |
| Résolution native | 1920 × 1080 pixels | 1280 × 800 pixels | 1920 × 1080 pixels |
| Luminosité | 1800 lumens | 3200 lumens | 2100 lumens |
| Contrastes | 5000 / 1 | 3000 / 1 | 10 000 / 1 |
| Compatibilité 3D | non | oui | non |
| Dimensions / poids | 335 × 102 × 254 mm / 3,5 kg | 261 × 190 × 78 mm / 1,9 kg | 269 × 206 × 84 mm / 2,54 kg |
| Les plus | Deux entrées HDMI, prix | Convertisseur 2D/3D intégré, prix | Bon rapport qualité/prix, deux entrées HDMI |

## NOTRE AVIS

SCIENCES ET AVENIR

**Nous avons sélectionné et testé ces appareils. Voici nos commentaires.**

Grâce à ses deux entrées HDMI, il est possible de raccorder à ce petit vidéoprojecteur deux sources. Il pourra par exemple s'agir d'un lecteur Blu-ray et d'une box Internet ou d'une console de jeu. D'autres entrées, analogiques, sont compatibles avec de très nombreux éléments. En revanche, même si la résolution de l'image est bonne, il ne permet pas de bénéficier pleinement de la haute définition.

Ce vidéoprojecteur d'entrée de gamme dispose d'un convertisseur 2D/3D interne. Ainsi, à partir d'une source vidéo conventionnelle telle qu'un DVD, il est capable de générer une image 3D. Une option assez intéressante pour les jeux vidéo, entre autres, même si la qualité du relief reste inférieure à celle d'une véritable source 3D.

Le premier prix des vidéoprojecteurs réellement haute résolution de notre sélection. Avec le H6500, Acer présente un équipement full HD à un prix particulièrement serré. Par ailleurs, son encombrement assez réduit le rend aisément transportable. Il est ainsi possible de ne le mettre en place que ponctuellement pour visionner un film. On pourra juste lui reprocher un design assez banal.

| Marque | Acer | Casio | Vivitek |
|---|---|---|---|
| Modèle | H9500BD | XJ-M255 | H5085 |
| Prix indicatif | 1690 € | 1735 € | 2799 € |
| Technologie | DLP | DLP | DLP |
| Résolution native | 1920 × 1080 pixels | 1280 × 800 pixels | 1920 × 1 080 pixels |
| Luminosité | 2000 lumens | 3000 lumens | 1800 lumens |
| Contrastes | 50 000 / 1 | 1 800 / 1 | 35 000 / 1 |
| Compatibilité 3D | oui | oui | non |
| Dimensions / poids | 398 × 310 × 130 mm / 7,2 kg | 311 × 82 × 244 mm / 3,9 kg | 431 × 160 × 343 mm / 8,6 kg |
| Les plus | Taux de contraste élevé, qualité de la restitution 3D | Technologie hybride laser/LED, luminosité | 3 entrées HDMI, forte compensation de parallaxe |

## NOTRE AVIS

SCIENCES ET AVENIR

Un vidéoprojecteur polyvalent grâce à une connectique bien fournie. S'il est parfaitement adapté au home-cinéma grâce à ses deux ports HDMI et ses entrées analogiques, deux connecteurs D-Sub et un port DVI l'ouvrent à l'informatique.

Ce vidéoprojecteur, très lumineux, dispose d'une nouvelle source de lumière laser/LED. Son atout majeur est sa longévité. Elle atteint 20 000 heures contre 2000 à 5000 heures, en moyenne, pour les lampes conventionnelles. Une particularité qui le prédestine à un usage intensif. Casio recommande d'ailleurs son utilisation pour l'enseignement. En home-cinéma, sa définition reste limitée.

Ce vidéoprojecteur dispose d'une compensation de parallaxe (lens-shift) particulièrement efficace. Une spécificité qui dispense l'utilisateur de le placer dans l'axe de l'écran, et qui offre une grande liberté de positionnement au sein de la pièce. A noter que trois ports HDMI proposent le raccordement de nombreuses sources vidéo HD : lecteur Blu-ray, box Internet et console de jeu, par exemple.

| Vivitek | Epson |
|---|---|
| H1080 | EH-TW6000 |
| 899 € | 1499 € |
| DLP | Tri LCD |
| 1920 × 1080 pixels | 1920 × 1080 pixels |
| 1800 lumens | 2200 lumens |
| 5000 / 1 | 40 000 / 1 |
| non | oui |
| 335 × 102 × 256 mm / 3,5 kg | 420 × 365 × 137 mm / 7 kg |
| Deux entrées HDMI, silence de fonctionnement | Transmetteur sans fil, compatible 3D |

Un vidéoprojecteur simple d'utilisation qui se cantonne aux fonctions de base. Il faudra un recul assez important pour obtenir une image vaste : 4 m de recul pour 2,5 m de base. Un point qui pourra poser un problème dans les pièces de surface modeste.

La liaison sans fil de ce vidéoprojecteur est particulièrement appréciable lors de son installation au plafond, par exemple. Inutile d'avoir recours à un long, et coûteux, câble HDMI pour son raccordement.

| Epson | Sony |
|---|---|
| EH-TW9000 | VPL-HW30ES |
| 2899 € | 2999 € |
| Tri LCD | SXRD |
| 1920 × 1 080 pixels | 1920 × 1 080 pixels |
| 2400 lumens | 1300 lumens |
| 200 000 / 1 | 70 000 / 1 |
| oui | Oui |
| 395 × 466 × 140 mm / 8,15 kg | 407 × 179 × 464 mm / 10 kg |
| Taux de contraste très élevé, silence de fonctionnement | Technologie SXRD, taux de contraste élevé |

Un vidéoprojecteur haut de gamme qui délivre une image aux noirs profonds. Par ailleurs, Epson a doté son vidéoprojecteur d'une cadence de rafraîchissement de l'image de 240 Hz qui confère une excellente fluidité aux mouvements. Enfin, les trappes de ventilation frontale simplifient l'intégration de l'appareil dans un meuble, par exemple.

Sony a opté sur son projecteur pour des panneaux LCD réflectifs de type SXRD. Cette technologie rend la séparation entre les pixels de l'image quasi invisible. On est très loin de l'effet « grillage à garde-manger » de certains projecteurs LCD. Le confort de vision est ainsi quasiment parfait.

## C'EST DÉJÀ DEMAIN

### CIGALE OU FOURMI ?

La Soulra XL, que propose Eton, ne se contente pas d'être une station d'accueil pour iPod et iPhone. Grâce à son large panneau solaire, elle recharge leur batterie en 4 h : idéal en randonnée, loin de la civilisation. Bien entendu, elle diffuse aussi leur musique, même tard dans la nuit.
**Prix indicatif : 299 €**

### WI-FI TURBO

La transmission de vidéo HD en streaming, de jeux vidéo et autres applications, nécessite un débit toujours croissant au niveau du réseau domestique. TP-Link propose un routeur Wi-Fi, le TL-WDR3600, et des clés USB Wi-Fi associées, capable d'offrir un débit atteignant 600 Mbps pour répondre à ces nouvelles exigences.
**Prix indicatif : 79,90 € le routeur, 24,90 € la clé**

### LE BRIDGE QUI TIENT TÊTE AUX REFLEX

On pensait les appareils photo bridges enterrés par les reflex. Avec le Lumix DMC-FZ200 de Panasonic, ils prennent leur revanche. Son atout majeur réside dans les qualités optiques de son objectif Leica doté d'un zoom optique 24 × à l'ouverture F2.8 constante. Une spécificité qui constitue une première dans le monde des bridges. Enfin, il dispose d'un mode rafale rapide appréciable pour les prises de vue d'activités sportives.
**Prix indicatif : 600 €**

# Jupiter, belle de jour

## Où sont les planètes ?

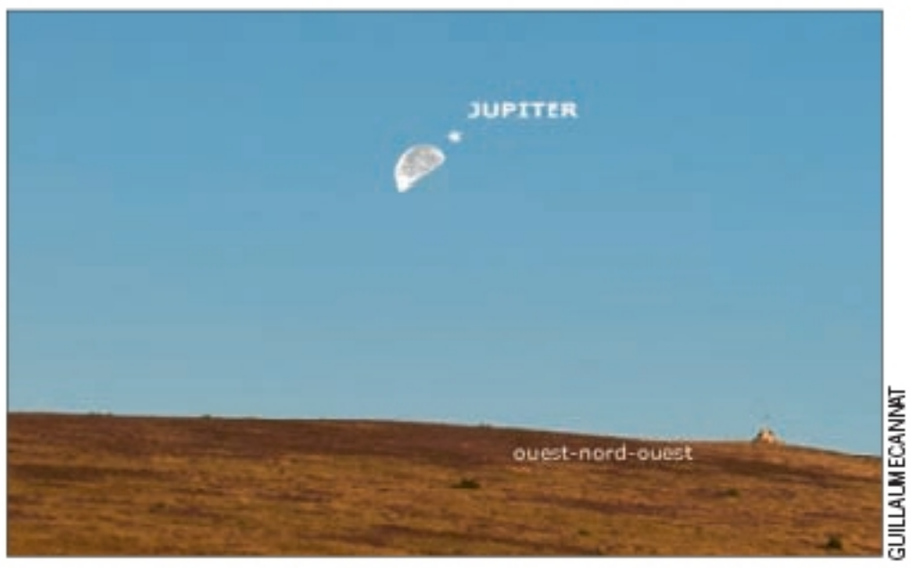
**Mercure** quitte l'aube en début de mois et passe en conjonction supérieure le 10. Elle revient peu après dans le ciel du soir, mais l'inclinaison de l'écliptique n'est pas du tout favorable aux observateurs européens car elle plaque cette planète contre l'horizon ouest-sud-ouest dès le coucher du Soleil.

**Vénus** se lève près de trois heures et quarante minutes avant le Soleil durant tout le mois. Elle se situe à près de 20° de hauteur au-dessus de l'horizon est à l'orée de l'aube et vous n'aurez donc aucun mal à la repérer, même si vous observez en pleine ville. Son éclat puissant (d'une magnitude de -4,2) quitte les Gémeaux, traverse le Cancer et atteint le Lion.

**Mars** sort de la Vierge et s'avance dans la Balance. Elle se couche pratiquement tout le mois près d'une heure et demie après le Soleil. Son éclat est faible (magnitude 1,5) et il faut une atmosphère limpide pour la repérer à l'œil nu au sein des lueurs crépusculaires.

**Jupiter** se lève près de sept heures avant le Soleil le 1er et trois heures après son coucher le 30. Bien installée dans le Taureau, non loin d'Aldébaran et des Hyades, la planète géante est observable dans de très bonnes conditions en seconde moitié de nuit, lorsqu'elle domine l'horizon sud-est de plus de 45°. Une petite lunette de 60 millimètres de diamètre permet déjà de voir ses bandes nuageuses tropicales et ses quatre principales lunes.

**Saturne** se couche moins de deux heures après le Soleil le 1er et moins d'une heure après le 30. Elle achève donc sa période de visibilité et son éclat se perd dans le crépuscule avant l'équinoxe.



GUILLAUME CANNAT

Le 8 vers 13 h, Jupiter frôle le dernier quartier de la Lune.

## Phénomène à noter

**Le samedi 8 septembre** à l'aube, si le ciel est dégagé lors du rapprochement de Jupiter et du dernier quartier de la Lune, pourquoi ne pas poursuivre votre observation ? Tout au long de la matinée, la distance apparente entre ces deux astres ne cesse de diminuer ; vers 13 h, elle est de 1°. Utilisez des jumelles pour les regarder côte à côte. Si le ciel est bien bleu, peut-être parviendrez-vous également à voir Jupiter en plein jour à l'œil nu.

## Où se trouve l'ISS ?

**La Station spatiale** est visible à l'œil nu en fin de nuit dans la deuxième partie du mois en France métropolitaine. Pour obtenir des horaires de passages précis, consultez ce site :

➕ www.leguideduciel.net/on2012/

## ZOOM

### URANUS À L'OPPOSITION

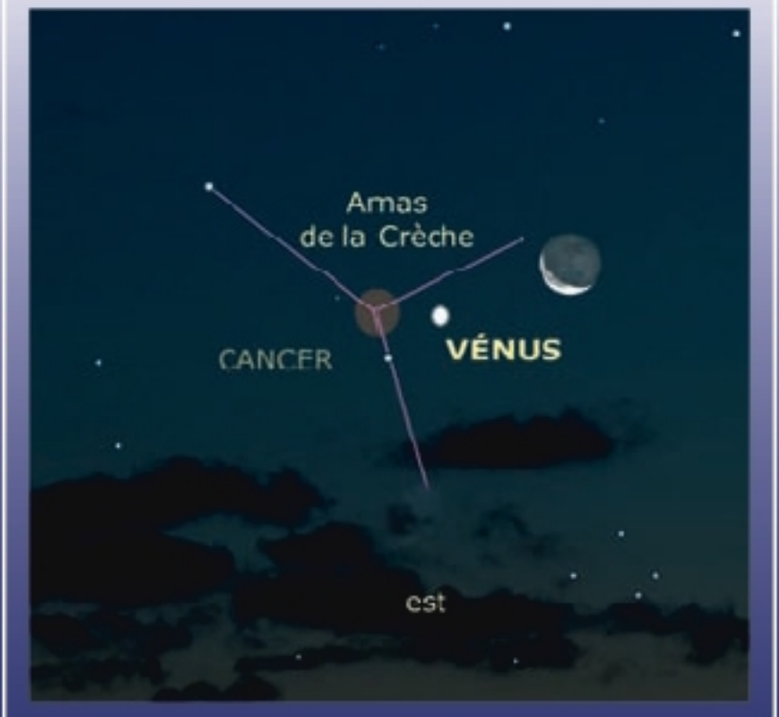
**Fin septembre, Uranus passe à l'opposition et nous entrons donc dans la bonne période pour la repérer à l'œil nu. Elle se situe actuellement dans la constellation des Poissons et passe à plus de 40° de hauteur au-dessus de l'horizon sud en milieu de nuit. Choisissez une nuit sans Lune et éloignez-vous des sources de pollution lumineuse ; laissez votre vue s'adapter à l'obscurité durant un bon quart d'heure et tentez votre chance.**

➕ Carte de localisation d'Uranus sur www.leguideduciel.net/uranus

## A OBSERVER

### Le 8, deux heures avant le lever du Soleil

**Le dernier quartier est installé entre Jupiter et Aldébaran, loin au-dessus de l'horizon sud-est. Autour d'Aldébaran, remarquez les étoiles des Hyades.**



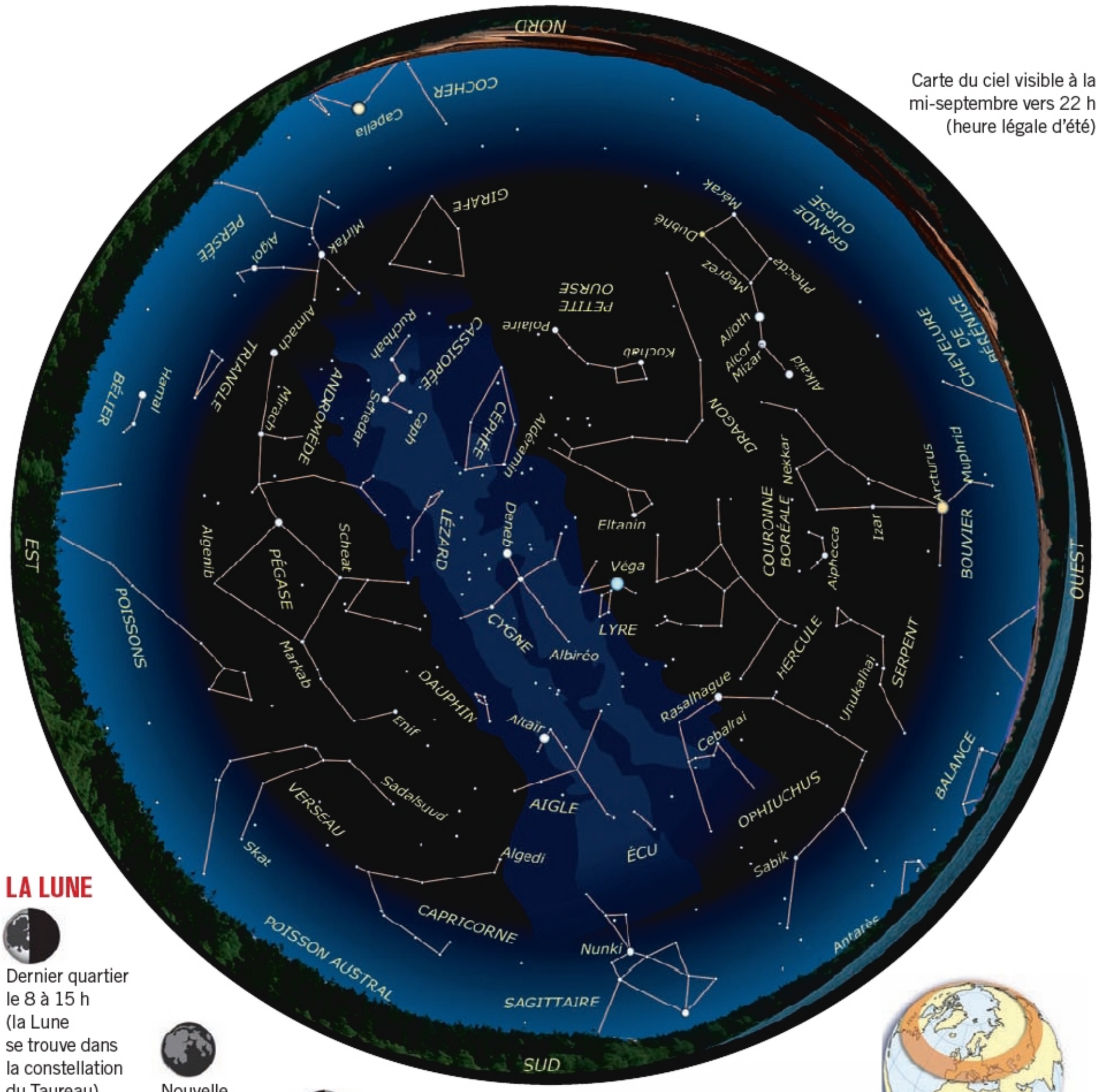

### Le 12, une heure et demie avant le lever du Soleil

**Le croissant de la vieille Lune brille dans le Cancer, sur la droite de Vénus. La planète est installée à moins de 3° de l'amas ouvert de la Crèche.**

### Le 19, une heure après le coucher du Soleil

**Essayez d'observer le rapprochement serré, moins d'un degré, entre Mars et le jeune croissant. Choisissez un horizon ouest-sud-ouest bien dégagé.**

Carte du ciel visible à la mi-septembre vers 22 h (heure légale d'été)




## LA LUNE

Dernier quartier le 8 à 15 h (la Lune se trouve dans la constellation du Taureau)

Nouvelle Lune le 16 à 4 h (Lion)

Premier quartier le 22 à 21 h (Sagittaire)

Pleine Lune le 30 à 5 h (Poissons)

A Paris, le Soleil se lève à 7 h 07 le 1er septembre et à 7 h 49 le 30; il se couche à 20 h 32 le 1er et à 19 h 31 le 30.

## COMMENT UTILISER CETTE CARTE

Faites tourner votre magazine sur lui-même, de façon que le nom de la direction dans laquelle vous observez soit écrit à l'endroit. Les constellations et les étoiles que vous retrouverez dans le ciel qui vous fait face sont toutes celles dont le nom est lisible sans trop pencher la tête. La position des planètes visibles à l'œil nu est indiquée pour le 15 du mois.

## D'OÙ VOIR LE CIEL

Notre carte, tracée pour une latitude de 45° nord, montre le ciel visible en France métropolitaine, et plus largement en Europe et dans le monde, à l'intérieur d'une bande s'étendant de 38 à 52° de latitude nord. L'étoile Polaire sera plus haute dans le ciel si vous êtes à plus de 45° nord, et plus basse dans le cas contraire.

Tous les instants de cette rubrique sont exprimés en heure légale d'été (temps universel + 2 h)

EXPOSITION PARIS

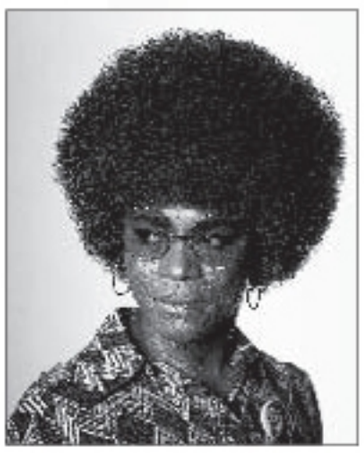
# Arts capillaires

*Fascination, séduction ou répulsion : les sociétés du monde entier sont explorées à travers leurs rapports à la chevelure.*

**Sous-titrée « Frivolité** et trophées », cette exposition originale est une exploration des sociétés du monde entier par le prisme de la coiffure. Un parcours en trois parties. Une première sur le thème « Frivolités ? » consacrée à la signification sociale des différentes coiffures et à leur pouvoir de séduction ou de répulsion. La deuxième partie évoque « La perte » : renoncement pour entrer dans une communauté ou châtiment, comme il fut pratiqué pour les femmes adultères. Enfin, l'exposition se termine par une exploration des « Pouvoirs du cheveu », ou comment la chevelure a été sublimée par des parures et ornements, vue avec une dimension magique en tant que trophée pris à un ennemi ou comme souvenir d'un ancêtre défunt.

Deux cent cinquante peintures, sculptures, photographies, objets ou éléments multimédias pour un parcours historique, géographique, social et émotionnel : *« Au croisement de l'anthropologie, de l'histoire ancienne et contemporaine de la mode et des catégories artistiques, des classifications, ce sujet universel traverse les cultures européennes et non européennes,* raconte Yves Le Fur, directeur du Département du patrimoine et des collections du musée du Quai-Branly, dont l'envie de concevoir une exposition sur le sujet remonte à plusieurs années. *En explorer les métamorphoses révèle des aspects inattendus et complexes de la légèreté et de la gravité des hommes. »* **Mathieu Nowak**

**Cheveux chéris. Musée du Quai-Branly, du 18 septembre au 14 juillet 2013. Rens. : 01.56.61.70.00.**



**De gauche à droite et de haut en bas : Collier composé de cheveux attachés à des vertèbres, probablement de requin, Océanie, XIXe siècle ; tête réduite d'un prisonnier de l'ethnie shuar, en Amazonie ; crâne surmodelé, début XXe siècle, Océanie ; photographie de la série « African Spirit » de Samuel Fosse, 2008 ; la tonsure en étoile de Marcel Duchamp photographiée par Man Ray en 1921.**

1 ET 2 : MUSEE DU QUAI BRANLY / P. GRIES – MUSEE DU QUAI BRANLY / S. FOSSO – MAN RAY TRUST. ADAGP PARIS 2012

## EXPOSITIONS

### PARIS

**Les arts de l'Islam**
L'ouverture du département des Arts de l'Islam du Louvre s'accompagne d'un festival au musée et à l'auditorium avec des écrivains et des artistes. Le 21 septembre, notamment, sera une journée de découverte, à l'auditorium, d'œuvres majeures de ce nouveau département.
**Musée du Louvre.**
**Rens. : 01.40.20.53.17.**

**Histoires minuscules de l'espace**
Dans le cadre des Journées européennes du patrimoine, l'Agence spatiale française (le Cnes) ouvre ses portes et revient sur l'histoire de l'aventure spatiale au travers de récits singuliers, ayant pour protagonistes des personnages méconnus qui ont pourtant joué un rôle décisif.
**Cnes, 2, place Maurice-Quentin, les 15 et 16 septembre. Rens. : observatoire.espace@cnes.fr**

**La véritable histoire de Zarafa**
La girafe Zarafa a été offerte en 1826 par le pacha d'Egypte au roi de France Charles X. Arrivée du Soudan, elle a marché, accompagnée par Geoffroy Saint-Hilaire, de Marseille à Paris. Elle y a rencontré un succès populaire sans précédent puis est morte, un peu moins de vingt ans plus tard, dans l'indifférence générale.
**Ménagerie, zoo du Jardin des Plantes, 57, rue Cuvier, jusqu'au 30 septembre 2012. Rens. : 01.40.79.37.94.**

### CAEN

**Zoom**
Une « balade numérique » dans l'intimité de la matière avec six machines interactives pour découvrir les briques élémentaires de la matière, leur organisation en atomes, et les rayonnements.
**Les Conteneurs, presqu'île de Caen, quai François-Mitterrand, du 8 septembre au 20 janvier 2013. Rens. : 02.31.06.60.50.**

### CRAN-GEVRIER (74)

**Urbanbees**
Présentation, accessible dès 7 ans, d'un projet européen pour la préservation des abeilles en milieu urbain lancé afin de sensibiliser au déclin des abeilles sauvages.
**La Turbine, 3, rue des Tisserands, du 15 septembre au 31 décembre. Rens. : 04. 50. 67. 12. 85.**

### NANTES

**Le carrousel des mondes marins**
Sur le site des anciens chantiers navals, une nouvelle installation complète la collection de machines inaugurée en 2007 avec le « Grand Eléphant ». Le « Carrousel des mondes marins » mesure 25 m de haut pour 22 de diamètre. On y découvre d'étranges créatures marines dans un aquarium mécanique sur trois niveaux.
**Les Machines de l'île, parc des Chantiers, boulevard Léon-Bureau. Rens. : 0810.12.12.25.**

JEAN-DOMINIQUE BILLAUD

**La tortue du Carrousel.**

SAINT-OURS-LES-ROCHES (63)

**Voyage au pays des lacs et des volcans**

Cinq semaines « sac au dos et crayon à la main » à la découverte des volcans du Nicaragua : le lauréat 2011 du prix Vulcania récompensant un carnet de voyage présente ici son périple.

**Parc Vulcania, route de Mazayes, jusqu'au 11 novembre. Rens. : 0820.827.828.**

ANGLETERRE (LONDRES)

**Superhuman**

Comment la science prépare l'amélioration de la beauté, de l'intelligence et de la santé de l'homme : stimulants cognitifs, nanorobots médicaux, etc. Une exploration qui s'étend des prothèses égyptiennes jusqu'aux visions artistiques de Matthew Barney.

**Wellcome Collection, 183 Euston Road, jusqu'au 16 octobre. Rens. : +44 (0)20.7611.2222.**

**Bronze**

5000 ans d'expression artistique avec un matériau, le bronze. Recueillies en Asie, en Afrique et en Europe, 150 pièces pour une confrontation inédite entre découvertes archéologiques et œuvres de la Renaissance, des XIXe et du XXe siècles.

**Royal Academy of Arts, Burlington House Piccadilly, du 15 septembre au 9 décembre. Rens. : +44 (0)844.209.0051.**

## CONFÉRENCES

PARIS

**L'apocalypse joyeuse. Une histoire du risque technologique**

Par Jean-Baptiste Fressoz, historien des sciences, maître de conférences à l'Imperial College (Londres).

**Musée des Arts-et-Métiers, amphithéâtre Abbé-Grégoire, 60, rue Réaumur, le 1er septembre à 18h30. Rens. : 01.53.01.82.70.**

**Deepwater Horizon : deux ans après**

Par Christophe Rousseau, adjoint au directeur et responsable qualité/environnement du Centre de documentation, de recherche et d'expérimentations sur les pollutions accidentelles des eaux (Cedre).

**Institut océanographique de Paris, 195, rue Saint-Jacques, le 12 septembre à 19h30. Rens. : 01.44.32.10.70.**

**Gaz de schiste : chronique d'un gisement enterré ?**

Par Elisabelle Bourgue, présidente de No Fracking France, Bruno Courme, directeur gaz de schiste Europe chez Total, Josquin Debaz, sociologue et historien des sciences, Severin Pistre, du laboratoire HydroSciences de Montpellier, Bernard Tardieu, de l'Académie des technologies, et Roland Vially, géologue, responsable de l'évaluation des ressources et des réserves d'hydrocarbures à l'Ifpen.

**Musée des Arts-et-Métiers, 60, rue Réaumur, le 20 septembre à 18h30. Rens. : 01.53.01.82.70.**

BREST

**A l'écoute des grands fonds**

Par Jean-Yves Royer, du laboratoire Domaines océaniques à l'Institut universitaire européen de la mer de Plouzané.

**Océanopolis, port de plaisance du Moulin-Blanc, le 11 septembre à 20h30. Rens. : 02.98.34.40.40.**

CAEN

**La science a-t-elle son mot à dire ?**

Par Etienne Klein, physicien et philosophe des sciences, directeur du Laboratoire de recherche sur les sciences de la matière au CEA.

**Université de Caen Basse-Normandie, esplanade de la Paix, amphithéâtre Pierre-Daure, le 12 septembre à 19 h. Rens. : 02.31.06.60.50.**

RENNES

**La meilleure et la pire des erreurs de Poincaré**

Par Cédric Villani, directeur de l'Institut Henri-Poincaré et médaille Fields 2010.

**Espace des Sciences, Les Champs Libres, 10, cours des Alliés, le 11 septembre à 20h30. Rens. : 02.23.40.66.40.**

## ■ *Exposition* BOULOGNE-BILLANCOURT

# La Mongolie, il y a 100 ans et aujourd'hui

**Derniers jours pour aller** voir les étonnantes photographies en couleur (des « autochromes ») de la Mongolie il y a 100 ans, alors qu'elle s'émancipait de la Chine à la chute de l'empire mandchou (en 1911). Une visite bénéficiant pour quelques semaines d'un contrepoint de la photographe française Sophie Zénon, qui séjourne régulièrement en Mongolie depuis 1996. Son exposition se divise en deux parties. Dans le musée, des petits formats panoramiques en noir et blanc révèlent une vision poétique du monde de la steppe, étrangement semblable à celui dans lequel vivaient les nomades il y a un siècle. Contraste à l'extérieur, avec 20 photographies grand format sur l'évolution de la capitale, Oulan-Bator. Une plongée dans un mélange d'architecture communiste et de traditions nomades dont le chaos apparent tranche avec la quiétude des jardins où sont exposés les clichés. **M. N.**

**La Mongolie au fil du présent, musée et jardin Albert-Kahn, 10-14, rue du Port, jusqu'au 15 septembre. Rens. : 01.55.19.28.00.**

SOPHIEZENON

**Quartier de barres de HLM à Oulan-Bator, construites dans les années 1960, photographie de Sophie Zénon.**

## ■ *Conférences* DANS 17 VILLES

# Une soirée pour rencontrer un chercheur

**Pour sa septième édition,** cette manifestation impulsée par la Commission européenne aura pour thème : « Imaginez le futur ». Des échanges avec les chercheurs auront lieu dans pas moins de 17 villes, avec Rouen en nouveau participant. Les initiatives sont très diverses : Besançon mise sur le jeu en imaginant en plein air la ville en 2084, Dijon, outre des rencontres sur le campus universitaire, ouvre les portes de sa nouvelle Maison des sciences de l'homme, l'Ecole polytechnique, à Palaiseau, met à contribution une vingtaine de laboratoires pour proposer des animations, Strasbourg prépare des rencontres autour du cinéma, etc. Autant d'occasions de s'initier au *speed searching* : un entretien improvisé de quelques minutes avec un scientifique. **M. N.**

**La nuit des chercheurs, le 28 septembre. Programme complet sur : www.nuitdeschercheurs-France.eu**

## ET AUSSI

**Silex and the City**

Adaptation en 40 épisodes de 3 minutes de la bande dessinée de Jul parodiant, dans un univers préhistorique, la société contemporaine.

**Arte, du lundi au vendredi à 20h45 à partir du 3 septembre.**

BORDEAUX

**Tic-Tac Temps**

La découverte de la notion de temps pour les enfants à partir de 3 ans. Un atelier d'une heure (sur réservation) pour comprendre le rythme de la journée, des saisons…

**Cap Sciences, Hangar, 20, quai de Bacalan, mercredi, samedi et dimanche à 15 h. Rens. : 05. 56. 01. 07. 07.**

*Le buzz du mois*

## Quand physique rime avec mystique

Encore un best-seller « scientifique » au contenu douteux ! « *Plus de 2 millions d'exemplaires* », proclame le bandeau rouge sur la couverture. Côté commercial, toutes les recettes sont exploitées : des espions, un document secret d'Einstein, une énigme à déchiffrer et surtout… la quête de la preuve de l'existence de Dieu. Et c'est là que tout dérape : en résumé, puisque les constantes de la physique sont celles qui étaient nécessaires pour former les atomes mais aussi les galaxies, l'Univers ne peut avoir été conçu que par une entité intelligente, autrement dit Dieu. Ce discours, qui est à la physique ce que la théorie de *l'intelligent design* est à la biologie, est d'autant plus pervers qu'il est servi par une vulgarisation de qualité qui en dissimule la portée.
Et c'est ainsi que les théories les plus contestables avancent masquées…
Reste une énigme de taille : comment une intrigue aussi prévisible et des espions aussi caricaturaux ont-ils pu séduire 2 millions de lecteurs ? **Cécile Michaut**

**La Formule de Dieu,** José Rodrigues dos Santos, H C éditions, 576 p., 22 €

# Drones : un siècle de guerres

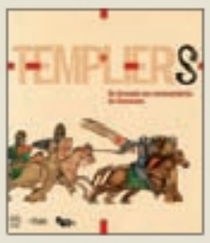
*Nés dès les débuts de l'aviation, ces engins volants sans pilote se sont perfectionnés au fil des conflits.*

**Les drones** envahissent nos vies, investissant le monde civil, assurant aussi bien la surveillance des autoroutes que l'exploration de zones dangereuses, etc. Cette explosion donne l'impression que ces engins sont nés il y a seulement deux ou trois décennies. En fait, comme l'explique dans cet ouvrage très documenté le capitaine Océane Zubeldia, en poste au Centre d'études stratégiques aérospatiales, l'idée d'un avion sans pilote et les premières expérimentations datent de la fin du XIXe siècle. Parmi les pionniers, un certain Nikola Tesla, qui bricole dans son coin des engins pilotés à distance. L'auteure conte ensuite par le menu la lente évolution qui, des banals engins télécommandés, aboutit aux actuelles machines autonomes, capables de mener seules des missions préprogrammées.
Le développement des drones – mot qui signifie faux bourdon en anglais – est étroitement lié aux conflits qui ont éclaté au cours du XXe siècle. Ainsi, lors de la Grande Guerre, Clemenceau soutient avec enthousiasme un projet d'aéroplane automatique et, le 14 septembre 1918, un avion contrôlé à distance parcourt pour la première fois un circuit de 100 km ! Il s'agit d'un appareil de série dirigé par TSF et stabilisé par des gyroscopes. Après la guerre, les recherches se poursuivent des deux côtés de l'Atlantique, mais aussi en Allemagne. Un virage véritablement offensif est pris en 1937, lorsque les Américains réussissent pour la première fois le décollage et l'atterrissage d'un engin non habité. Dès l'année suivante, ils utilisent un appareil sans pilote (un Curtiss N2C-2 modifié) pour larguer une bombe sur un navire, premier exercice de tir réel effectué grâce au radioguidage depuis une distance de 80 kilomètres. Des drones d'assaut, les TDN-1, sont ensuite produits en série. Pour l'anecdote : la firme Radioplane, qui fabrique des avions sans pilote, emploie une jeune ouvrière du nom de Norma Jeane Dougherty, la future Marilyn Monroe…
Parallèlement, d'autres pays développent leurs propres concepts et rivalisent d'ingéniosité en même temps que l'histoire prend de nouveaux virages et multiplie les conflits sur la planète. Ainsi, durant la Seconde Guerre mondiale, l'Allemagne inaugure l'ère des bombes planantes, des engins autonomes qui peuvent être considérés comme des drones de bombardement. Pendant la guerre froide, s'ouvrira l'ère des drones de reconnaissance, dotés de caméras. La guerre du Viêt Nam verra voler plus de 1000 aéronefs aux configurations variées, destinés notamment à localiser les rampes de lancement des missiles soviétiques. Certains tomberont aux mains des Chinois, qui s'en inspireront pour concevoir leurs propres engins. La miniaturisation, l'informatique embarquée et les communications satellitaires ont donné, ces dernières années, une véritable autonomie aux drones. Et une réelle efficacité. Car sur le champ de bataille, leur utilisation pour éviter des pertes humaines tout en en infligeant un maximum au camp adverse donne une nouvelle dimension à la guerre : peut-on s'installer devant un écran, puis, sans courir aucun risque, tuer des humains pendant ses heures de bureau avant de rentrer ensuite tranquillement chez soi ? Cette somme, la première à retracer toute l'histoire des drones jusqu'aux derniers conflits y compris la révolution libyenne, fait le bilan d'un siècle de progrès techniques et pose la question de ce que sera la guerre au XXIe siècle. ❖ **Sylvie Rouat**

**Histoire des drones,** Océane Zubeldia, Perrin, 236 p., 20 €

*Le beau livre*

# La vraie vie des Templiers



« **Ce n'est pas une secte** *ésotérique ancêtre de la franc-maçonnerie, ni les bâtisseurs des cathédrales. Ils n'ont pas amassé ni caché de trésor en Orient ou ailleurs* », explique dès l'introduction le grand historien du Moyen Age Alain Demurger. Ce beau livre, réalisé par les meilleurs spécialistes dans le cadre d'une exposition consacrée à la vie de l'ordre du Temple*, retrace ici, entre Orient et Occident, l'épopée de la « Pauvre chevalerie du Christ et du Temple de Salomon », d'abord ordre religieux militaire. Son histoire est étroitement liée à celle de la Champagne, qui lui fournit certaines de ses figures majeures. Une riche iconographie, ainsi que la présentation de documents exceptionnels (manuscrits et minutes des interrogatoires des Templiers), accompagne le texte. ✪ **Bernadette Arnaud**

*Exposition à l'Hôtel-Dieu-le-Comte, Troyes, jusqu'au 31 octobre.

**Templiers, de Jérusalem aux commanderies de Champagne,** sous la direction de Ghislain Brunel, Arnaud Baudin, Nicolas Dhormann, Somogy éditions d'Art, 328 p., 29 €

BIBLIOTHÈQUE MUNICIPALE AMIENS MÉTROPOLE, MS488, F°202

**Les croisés à la bataille de Hattin (1187). Manuscrit, vers 1440.**

**L'Action sœur du rêve. Souvenirs de voyage,** Jacques Blamont, E-Dite, 404 p., 24 €

Espace

## Un scientifique au cœur de la conquête spatiale

« **Votre fils est atteint** *d'une misanthropie qui ressemble à une grave maladie.* » Telle est la confidence faite par un professeur de philosophie à la mère de l'auteur. *« Je n'en ai pas guéri »*, poursuit Jacques Blamont qui, devenu adulte, se donna néanmoins des objectifs ambitieux : servir la science, servir la France ! Dans ce livre de souvenirs écrit au fil de la plume, le physicien, aujourd'hui membre de l'Académie des sciences, raconte sa rencontre décisive avec le physicien alsacien Alfred Kastler (prix Nobel 1966), qui l'embarque en 1953 dans l'aventure de la recherche. Devenu spécialiste du domaine spatial, le jeune scientifique est mis dans le secret du projet Vanguard – le premier programme de satellites américain. L'histoire des sciences va en être bouleversée. Devenu le premier directeur scientifique et technique du Cnes, le Centre national d'études spatiales, en 1962, Jacques Blamont sera présent à chaque étape du programme spatial français en cours de construction pour y ajouter sa pierre. Ce qui sera l'occasion de voyages et de rencontres avec des hommes et femmes d'exception. Il nous livre ici, sans épargner personne, une page des aventures scientifiques et techniques qui ont forgé notre monde actuel, entièrement dépendant des techniques issues du spatial. Un document. ✪ **Sylvie Rouat**

Climat

## Sahara. Les grands changements climatiques naturels

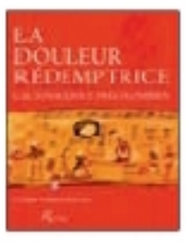
Nicole Petit-Maire, Errance, 194 p., 27 €

A tous ceux à qui il aurait échappé que le plus grand désert du monde n'a pas toujours ressemblé à ce qu'il est, l'ouvrage de l'intrépide géologue-archéologue, amoureuse des grands ergs et directeur de recherche émérite au CNRS, est indispensable, notamment pour ses cartes. Arboré, le Sahara abrita des hommes au néolithique, il y a environ 8000 ans. Et pourrait reverdir avec le réchauffement climatique actuel (et des précipitations plus abondantes), que la chercheuse estime *« indiscutable »*. ❖ **D. J. L.**

Histoire

## La Douleur rédemptrice. L'autosacrifice précolombien

Claude-François Baudez, Riveneuve éditions, 272 p., 27 €



Chez les Mayas, faire la guerre, procéder à des sacrifices ou s'autosacrifier, c'est-à-dire pratiquer sur soi une saignée rituelle, était essentiellement une façon de communiquer de l'énergie au cosmos pour qu'il continue de fonctionner. Des lobes d'oreilles des bébés aux violents autosacrifices pratiqués par les prêtres et les souverains, la fréquence et la sévérité de ces macérations dépendaient de la position de chacun sur l'échelle sociale et religieuse. Quand ces témoignages de piété individuelle ne pouvaient plus s'exercer sur soi-même, alors le sacrifice de « l'autre », le vaincu, devenait un substitut au sacrifice de soi. ❖ **B. A.**

## *Le coin de l'érudit*

### Une révolution conceptuelle

Compilation de conférences-débats tenues en juin et octobre 2011, ce petit ouvrage revient sur le concept novateur introduit par son auteur, l'ontophylogenèse. Une théorie qui s'affranchit de la génétique et de l'évolution classique pour présenter une nouvelle conception de l'organisation du vivant. En clair, la sélection naturelle serait une force ayant une action non seulement au niveau des espèces, mais également sur le développement embryonnaire de tous les individus. L'auteur propose de s'éloigner du modèle consensuel plaçant le programme génétique au centre de tout. Selon lui, le déterminisme génétique, par ses contradictions, nous conduit dans une impasse. La construction du vivant reposerait sur des mécanismes probabilistes beaucoup plus étendus que ce que l'on croit. Séduisant. **Hervé Ratel**

PHANIE

**L'Ontophylogenèse,** Jean-Jacques Kupiec, Quae, 80 p., 8,50 €

Géographie

# La carte et le nouveau territoire

**Voici l'histoire** épique de « la » carte qui donna son nom à l'Amérique… Le planisphère de Waldseemüller. Cette saga se déroule en Lorraine, en 1507, dans le monastère de Saint-Dié, au pied des Vosges. Une ville célèbre depuis pour être devenue le rendez-vous chaque année du Festival international de géographie. C'est donc dans ce coin de Lorraine, seulement quinze ans après la découverte du Nouveau Monde, qu'un petit groupe d'imprimeurs, au nombre desquels se trouve l'Allemand Martin Waldseemüller, représentent pour la première fois le continent sud-américain, *« la quatrième partie du monde »*, dans un ouvrage intitulé *« Cosmographiae introductio »*. Or ces nouvelles terres sont figurées entourées d'eau, alors que la mer du Sud – l'océan Pacifique – ne sera découverte que quelques années plus tard, en 1513, par Vasco Núñez de Balboa… Comment une telle intuition a-t-elle été possible ?



ROGER-VIOLLET

**Planisphère de Waldseemüller.**

A l'origine de cette enquête passionnante qui nous fait pénétrer dans les arcanes du monde des cartographes et érudits au temps des grandes découvertes, la curieuse acquisition en 2003 de cette carte par la bibliothèque du Congrès américain pour la somme de 10 millions de dollars. Soit le plus gros achat jamais réalisé par cette institution. C'est donc toutes les conditions de la redécouverte de cette carte totalement oubliée, autant que les circonstances de sa réalisation, que nous fait découvrir l'auteur, Toby Lester, chercheur à la Brown University. Dans la dédicace de la carte laissée par Waldseemüller, on peut lire ceci : *« Du mieux que j'ai pu et avec l'aide d'autres, j'ai étudié les ouvrages de Ptolémée à partir d'une copie en grec, et, ayant ajouté les informations tirées des quatre voyages d'Amerigo Vespucci, j'ai préparé une carte du monde entier. »* **B. A.**

**La Quatrième Partie du monde,** Toby Lester, JC Lattes, 562 p., 25 €

## *La sélection DVD*

# John le maudit et les vaisseaux solaires

**John Carter,** Andrew Stanton (Etats-Unis, 2012), DVD Disney

**En pleine guerre** de Sécession, un officier sudiste se retrouve soudain propulsé sur Mars, au milieu d'un conflit entre créatures fantastiques. Beaucoup de bagarres, peu d'humour, mais l'omniprésence de somptueux vaisseaux solaires aux formes de libellules…

Après un cuisant échec en salles, *John Carter* est condamné à faire un carton en DVD. Il ne faudrait pourtant pas réduire ce conte d'*heroic fantasy* à un énième blockbuster pour adolescents. John Carter est le héros d'un roman du grand Edgar Rice Burroughs, précurseur de la science-fiction et célèbre créateur de Tarzan. Aux Etats-Unis, la série *John Carter**, qu'il commence à écrire en 1912, est devenue un classique du genre. En son honneur, un cratère de la planète Rouge porte son nom…

Avant d'être confié à Andrew Stanton, pilier de Pixar, brillant réalisateur du *Monde de Nemo* et de *Wall E*, *John Carter* avait connu une multitude de tentatives d'adaptation. La première remonte à 1935 ! Mais les créatures de Burroughs, avec quatre bras ou plein de pattes, effraient Hollywood qui ne sait comment les représenter. Diverses techniques sont essayées : animation classique, décalque image par image de projections sur un écran de verre. En 1977, l'ambitieux *Star Wars*, dont les planètes lointaines et leurs bestiaires sont pourtant inspirés de *John Carter*, balayent ces trucages naïfs. Plusieurs productions américaines reprennent le flambeau sans plus de succès. Les effets spéciaux sont ruineux, l'adaptation du scénario se révèle compliquée. James Cameron s'en inspirera pourtant, lui aussi, pour son *Avatar*… **Yves Blanc**

* *Le Cycle de Mars*, Edgar Rice Burroughs (Omnibus)

Mathématiques

## La Déesse des petites victoires

Yannick Grannec, Anne Carrière, 468 p., 20,30 €

Ce premier roman d'une très grande maîtrise est consacré à la vie du génial mathématicien Kurt Gödel qui, à la fin de ses jours, sombre dans la folie puis cesse de s'alimenter jusqu'à en mourir. Sa biographie romancée est livrée ici à travers deux prismes : le premier est le regard de sa veuve, Adèle, qui raconte les étapes de leur vie commune, le second est celui de la bibliothécaire de l'institut de Princeton qui tente de constituer des archives Gödel. Un récit à travers les périodes sombres du XXe siècle, sur la solitude des génies, l'exil, la persécution de l'esprit, écrit avec beaucoup de finesse et de talent. ✪ **A. Kh.**

Psychologie

## Kubark. Manuel secret de manipulation mentale et de torture psychologique de la CIA

Zones, 188 p., 16 €

Ames sensibles, s'abstenir. Ce manuel recèle les méthodes d'interrogatoire à appliquer contre ceux que les Etats-Unis considèrent comme des ennemis d'Etat. Mis au point par Kubark (cryptonyme de la CIA pendant la guerre froide) dans les années 1960 et distribué aux membres du contre-espionnage, il s'appuie sur les résultats des recherches scientifiques secrètement financées dès les années 1950 dans les laboratoires américains. Objectif : faire « craquer » un individu par la torture mentale. Des techniques toujours appliquées. Déclassifié en 1997 aux Etats-Unis, ce document est traduit pour la première fois en français. ❖ **C. C.**

Environnement

## Ces îles qui pourraient disparaître

Virginie Dupat et Alexandre Magnan, Le Pommier, 192 p., 21 €

L'une est professeure de géographie à l'université de La Rochelle, l'autre spécialiste du changement climatique. Tous deux s'interrogent sur l'avenir des 4 millions de personnes qui vivent dans des îles coralliennes de 1 kilomètre carré d'étendue et, au mieux, 3 mètres d'altitude. Refusant le fatalisme, les auteurs mettent l'accent sur les capacités d'adaptation de ces populations qui, plutôt que victimes passives, pourraient devenir les pionnières de la lutte contre les conséquences de la montée des océans. ❖ **C. C.**

✪ Tous publics ❖ Public motivé

## *Le coin BD*

## La Réunion dans la tourmente

L'attente aura été longue… Neuf ans après la parution du premier tome, voici la suite et fin de cette chronique de l'île de la Réunion prise dans la tourmente de la grippe espagnole. Désormais bien installé dans l'île, le virus fait des ravages, forçant les habitants à se terrer chez eux tandis que les cadavres s'amoncellent dans les rues et qu'un vent de folie et de désespoir s'infiltre sournoisement dans la tête des survivants. Nous retrouvons les copains de régiment du premier tome se débattant comme ils le peuvent dans cette atmosphère de fin du monde. Même la « der des der » ne les avait pas préparés à ça! Si le trait du dessinateur Serge Huo-Chao-Si est toujours aussi délié et burlesque, on remarquera le soin apporté aux couleurs, dont la palette s'est enrichie depuis le volume précédent. Il est évidemment conseillé de ne pas prendre ce passionnant récit en cours de route, mais d'embarquer dès le premier tome. **H. R.**

**La Grippe coloniale T2,** Huo-Chao-Si/Appollo, Vents d'Ouest, 56 p., 13,90 €

HUO-CHAO-SI ET APPOLLO

## *La musique*

## L'Ile du docteur Moreau

John Frankenheimer (Etats-Unis, 1996) DVD Metropolitan

Dans cette troisième adaptation du roman de H. G. Wells, jusqu'alors inédite en DVD, Marlon Brando, en pauvre nabab poudré, se déplace en Hummer. C'est que le Dr Moreau a évolué avec son époque, même s'il continue à fusionner des gènes d'animaux avec des gènes humains. C'est là que le bât blesse. Le bestiaire du savant fou a mal vieilli, et le scénario, naturellement désuet dans les versions précédentes, apparaît aujourd'hui un peu simpliste. Les effets spéciaux numériques n'y changent rien. **Y. B.**

## Des voix venues du fond des temps

**Aborigènes de Taiwan,** Anthologie de l'art vocal, Buda/Universal

**Premiers habitants** de l'île, les peuples aborigènes de Taïwan ne représentent plus qu'environ 2 % de sa population totale. Leur culture musicale est essentiellement composée de chants *a capella*. Cette anthologie en deux CD regroupe des enregistrements de neuf ethnies – certaines ne comptent que quelques milliers d'individus : chants polyphoniques, chœurs d'enfants, voix solos, jeunes, anciens. Produits par un label local, ils ont été réalisés entre 1987 et 2011. La plupart des prises de son ont été faites sur le terrain. Cette présentation panoramique va du pur traditionnel au traditionnel revisité. Sur l'île, la musique a une fonction sociale, les chants rythment la vie quotidienne (tissage, culture du riz, du thé, fabrication des bateaux) et participent au chamanisme et aux nombreux rituels. Ces pratiques vocales riches, très anciennes mais toujours vivantes, quoique confidentielles, peuvent évoquer des chants polynésiens, corses, bulgares, arabo-andalous, amérindiens. Certains, comme surgis de la nuit des temps, sont touchants, tels les chants de louanges de la tribu Atayal, dans les montagnes du nord de Taïwan. **Y. B.**

JEAN-LOUIS BALDRY

ENTRETIEN AVEC Stella Baruk

# "Pour comprendre les maths, il faut leur donner du sens"

*Pour la première fois, cette pédagogue renommée décline sa méthode originale d'apprentissage basée sur la langue et le sens pour les enfants de 6 ans.*

**Mes premières mathématiques, avec Némo et Mila,** Magnard, fichier élève, 144 p., 10,50 €, guide du maître, 256 p., 30 €. A commander chez Magnard, 5, allée de la 2e DB, 75015 Paris, ou www.stellabaruk.magnard.fr

**Stella Baruk** est mathématicienne et pédagogue. Elle est l'auteure de nombreux ouvrages dont le *Dico de mathématiques* (Seuil) et *Si 7=0, quelles mathématiques pour l'école?* (Odile Jacob).

**Depuis votre premier livre*, vous menez une réflexion sur l'enseignement des mathématiques. C'est pourtant la première fois que vous publiez un ouvrage scolaire, qui plus est pour le CP, c'est-à-dire pour les enfants de 6 ans. Comment l'idée vous en est-elle venue?**

Alors que j'enseignais au collège au sein d'un institut médico-pédagogique, il m'a été proposé d'apporter mon aide aux « petits ». J'ai ainsi découvert l'univers passionnant de l'« enfance » des mathématiques, mais en même temps la détresse des échecs précoces. Puis, au cours d'une conférence destinée aux enseignants spécialisés, j'ai fait part de mon indignation car ces échecs ne sont pas ceux des enfants, mais celui du « système ». Par une chance extraordinaire, une inspectrice de l'Education nationale m'a alors proposé d'expérimenter dans sa circonscription les méthodes de « réussite » que j'avais élaborées. Pendant deux années consécutives, j'ai proposé dans des classes de CP puis de CE1 une pédagogie différente, aux résultats des plus encourageants : preuve que les bases des mathématiques doivent s'ancrer dès l'enfance, qu'une numération « en ordre », avec du sens, permet d'aborder sereinement tout le domaine numérique. Ce sont ces expériences que je propose dans ce manuel.

**Quelle est l'originalité de votre approche?**

Elle est fondée sur la langue, le sens et les analyses épistémologiques rigoureuses. Si, au CP, on apprend que « trente » c'est 30, et « sept », 7, alors pourquoi « trente-sept » ne s'écrit-il pas 307? Nous le voyons bien, les deux écritures – français et mathématique – n'obéissent pas à la même logique, il y a là deux « langues » différentes. Si, en nombres, 2+3 est toujours égal à 5, ce n'est plus le cas en « nombres de pommes et de poires » : 2 pommes + 3 poires ne font jamais 5! Sans ces analyses préalables, les mathématiques n'ont pas de sens! D'où, pour certains, ces comportements d'automates, que j'appelle « automathes » : ces élèves qui, pleins de bonne volonté, apprennent ce qui n'a pas de sens. Mais d'autres, au contraire, refusent d'apprendre ce qu'ils ne comprennent pas.

**C'est pourquoi dans l'apprentissage des nombres, vous sautez de 9 à 30, sans passer par les dizaines et les vingtaines, ce qui étonne beaucoup les enseignants. Pourquoi ce choix?**

Par efficacité! Mais l'idée étonne moins aujourd'hui, car on a compris que dans la fenêtre des « *ente* » (comme « trente ») et des « *ante* » (comme « quarante », « cinquante ») apparaît le sens de l'écriture des nombres à deux chiffres. Ainsi, dans **trente**, nous reconnaissons bien **trois**, ce qui est logique puisqu'il s'agit de trois dizaines. *Idem* dans **quar***ante*, **cinqu***ante*, **soix***ante* qui signifient **quatre**, **cinq** et **six** dizaines. Mais dans la sonorité de dix ou de vingt, on n'entend ni un ni deux! Sans explicitation sur cette « irrégularité », les enfants sont perdus. Elle engendre, comme les « onze, douze… seize », une « opacité numérique » dommageable pour la suite.

**Pour vous, la « manière » d'enseigner est aussi importante que la « matière ». Comment, dans votre méthode, abordez-vous l'erreur?**

J'estime qu'en période d'apprentissage, il n'y a pas d'erreur. Si un enfant qui apprend à marcher tombe, il ne s'agit pas d'une erreur. Plutôt que de dire « *tu n'as rien compris!* », il faut chercher ce que l'enfant a compris à la place de ce que l'on voulait qu'il comprenne, légitimer cet « autre entendu » pour pouvoir lui dire « *ah, c'est ça que tu as compris!* ». Grâce à ces allers-retours de sens, l'enfant devient un « inter-locuteur » plutôt qu'un automathe. Les évaluations dans ces petites classes sont par essence injustes, dans les deux sens du terme : sans justesse, car elles ne reflètent rien, sans justice, car elles excluent ceux qui ont compris autre chose que ce que l'on voulait qu'ils comprennent.

**Propos recueillis par Azar Khalatbari**

**Echec et Maths*, Seuil, 1973.

# Une formidable diversité

## 12 fois par an, l'actualité des savoirs pour tous

N° 774 Testez votre science

N° 775 La vérité sur le bio

N° 777 Ce que la science sait de la mort

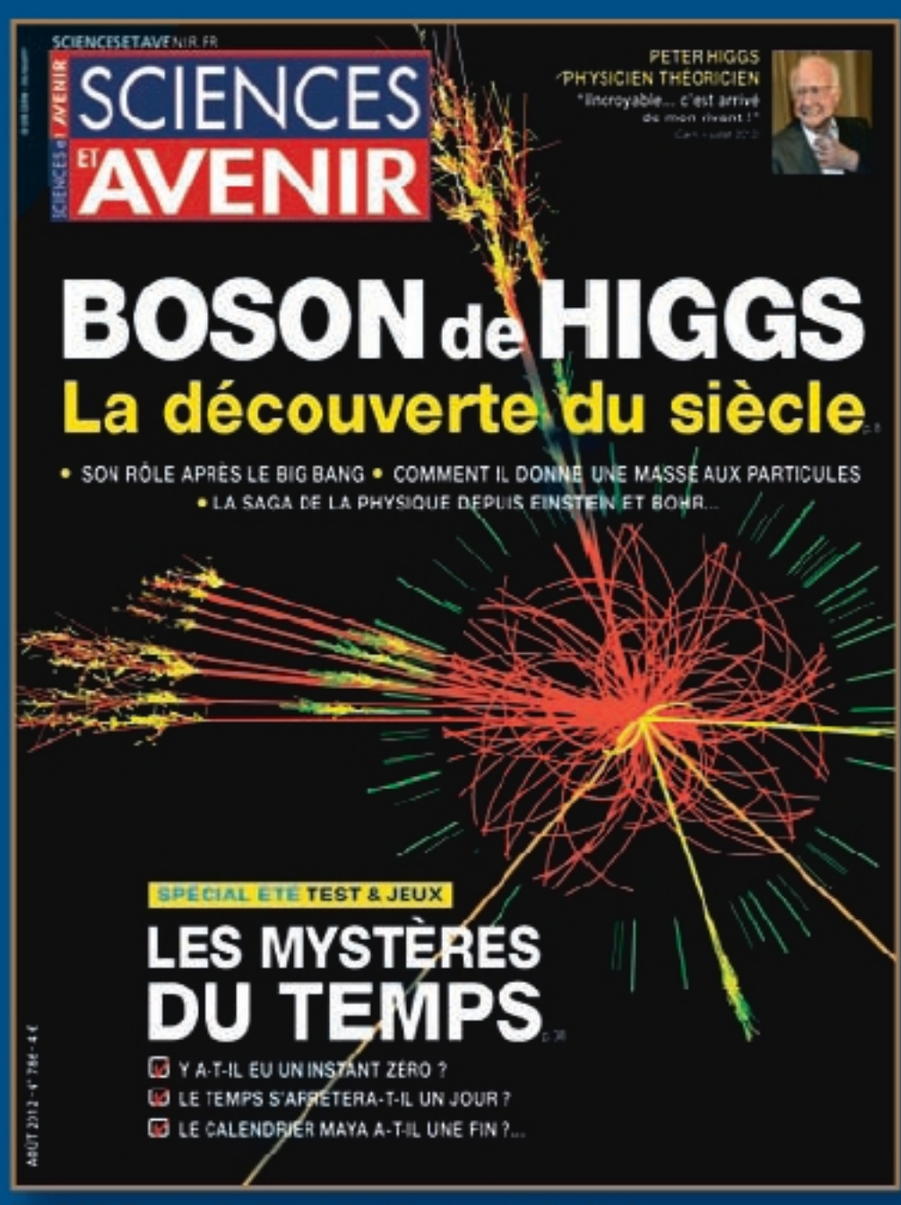
N° 778 Premiers échos des mondes cachés

N° 779 L'or perdu des Amériques

N° 780 Homme-femme, la science face aux idées reçues

N° 781 On a créé le virus le plus dangereux du monde

N° 782 45 ans, le bel âge cérébral




N° 786 Boson de Higgs, la découverte du siècle

N° 783 Méroé, l'Empire qui défia Rome

N° 784 Le ventre, notre 2e cerveau

N° 785 Pierres précieuses, science et fascination

## Et les hors-série

HS n° 164 10 ans de science en images

HS n° 165 Egypte, 3000 ans d'énigmes

HS n° 166 Les héros de l'espace

HS n° 167 Nouvelles découvertes en Méditerranée

HS n° 168 Le pouvoir infini des mathématiques

HS n° 169 Qu'est-ce que l'Homme ?

HS n° 170 L'animal et nous

HS n° 171 50 îles, du mystère à la science

## Bon de commande

Je commande les numéros ci-après au prix de : **7 €** par numéro payable par chèque à l'ordre de Sciences et Avenir (port compris pour la France). Bon de commande à retourner à :
**Sciences et Avenir**
**33, rue Vivienne, 75002 Paris.**

- ❑ N° 774 ❑ N° 775 ❑ N° 777 ❑ N° 778
- ❑ N° 779 ❑ N° 780 ❑ N° 781 ❑ N° 782
- ❑ N° 783 ❑ N° 784 ❑ N° 785 ❑ N° 786

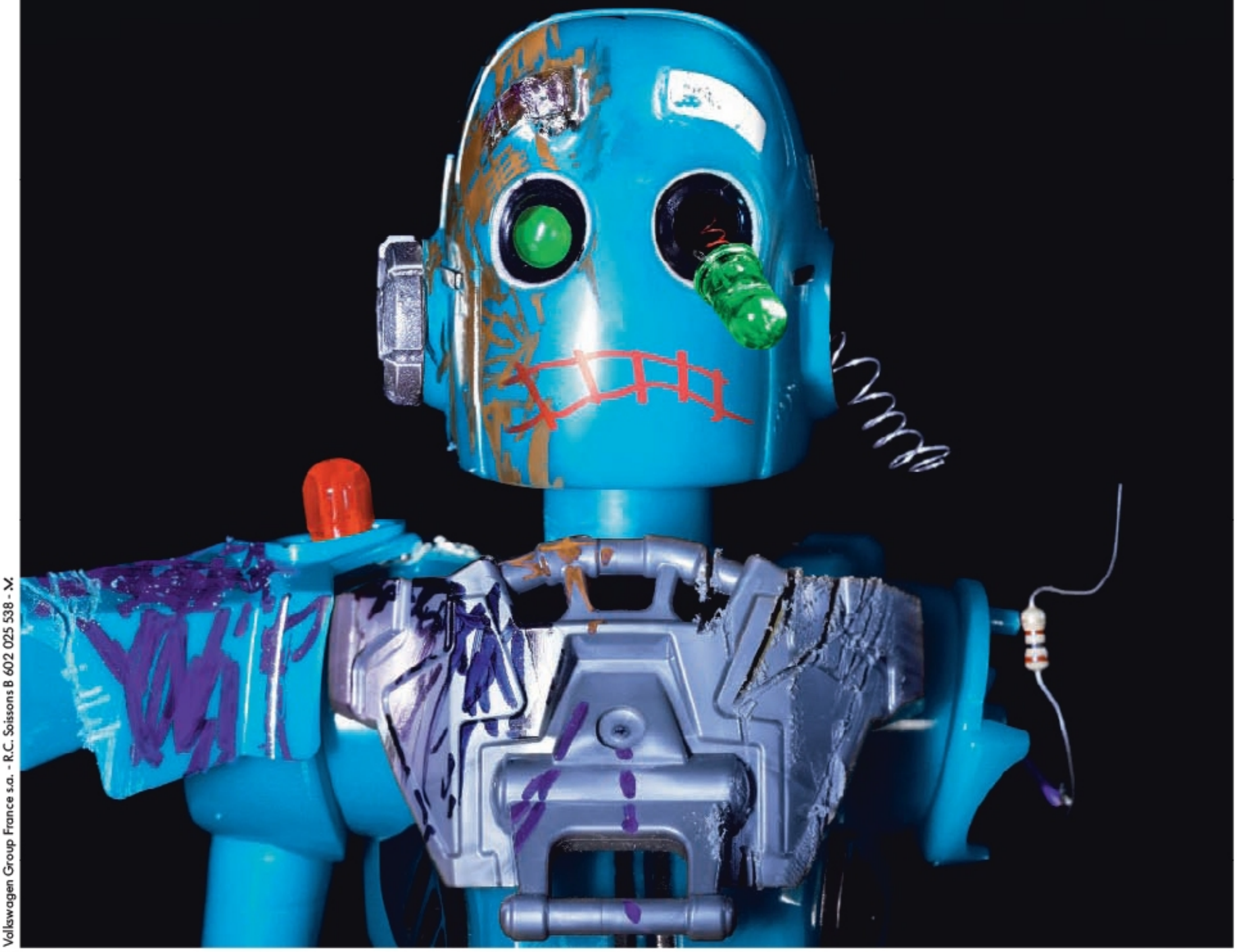
- ❑ HS N°164 ❑ HS N°165
- ❑ HS N°166 ❑ HS N°167
- ❑ HS N°168 ❑ HS N°169
- ❑ HS N°170 ❑ HS N°171

❑ **Commandez une reliure pour 12 numéros : 15 €**

Nom : . . . . . .
Adresse : . . . . . .
. . . . . Ville : . . . . . .
Code postal :

www.volkswagen.fr

# Quand on sait de quoi les enfants sont capables, mieux vaut rouler en Volkswagen Touran.



Volkswagen Group France s.a. - R.C. Soissons B 602 025 538 - M.

## Touran Match® suréquipé à partir de 19 990 €.*

SOUS CONDITION DE REPRISE

- Interface Bluetooth®
- Jantes alliage 16”
- Système de radionavigation
- Toit ouvrant panoramique

**Touran.** A l’épreuve des enfants.

**Das Auto.**

Volkswagen recommande **Castrol EDGE Professional**

**Cycles mixtes gamme Touran ‘Match®’ (l/100 km) : de 4,5 à 6,8. Rejets de $CO_2$ (g/km) : de 119 à 159.** * Prix TTC conseillé au tarif du 26/04/12 mis à jour le 01/08/12 du Touran série spéciale ‘Match®’ 1.2 TSI 105, avec déduction de la reprise Argus™ + 1 000 €, 1 500 € TTC remise exceptionnelle Touran ‘Match®’, 1 500 € TTC prime à la casse VW Think Blue. pour mise au rebut dans la filière de valorisation agréée par Volkswagen Group France d’un véhicule de plus de 10 ans accompagnant la commande d’un Touran neuf (conditions détaillées sur volkswagen.fr). Offre réservée aux particuliers en France métropolitaine dans le réseau participant, non cumulable avec toute autre offre en cours, valable pour toute commande du 26/04/12 au 29/09/12 dans le réseau participant (Cf.volkswagen.fr). **Modèle présenté** : série spéciale Touran ‘Match®’ 1.6 TDI 105 avec option peinture métallisée (570 € TTC) au prix conseillé au tarif du 26/04/12 mis à jour le 01/08/12 de **23 670 € TTC**, reprise Argus™, remise exceptionnelle Touran ‘Match®’ et prime à la casse VW Think Blue. déduites. **Cycle mixte (l/100 km) : 5,1. Rejets de $CO_2$ (g/km) : 134.** Match® H.F.P. 2012. **Think Blue. : Pensez en Bleu. Das Auto. : La Voiture.**